



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Vandeffektive mejerier - et partnerskab på vejen mod det vandløse mejeri

MUDP-rapport

Juni 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: DHI

ISBN: **978-87-7120-931-0**

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Ordliste 5

Forord og sammenfatning	7
1. Kortlægning af vandforhold i mejerier	12
1.1 Vandkortlægning hos mejerierne	12
1.1.1 Niveau 0: Overordnet vandbalance	13
1.1.2 Niveau 1: Balance over forsyningsfunktioner ved projektets start	14
1.1.3 Niveau 2: Balance på procesniveau	15
1.1.4 Forbedret datagrundlag ved etablering af flere vandmålere	16
1.2 Vandindtag og spildevandsudledning fra mejerierne	17
1.2.1 Vandindvinding	17
1.2.2 Vandkvalitet	17
1.2.3 Vandforbrug i relation til produktion	18
1.2.4 Spildevandsforhold	18
2. Potentiale for øget vandeffektivitet i mejerier	20
2.1 Definition af vandeffektivitet	20
2.2 Systematik for identifikation af muligheder for forbedret vandeffektivitet	20
2.2.1 De 6 R'er	20
2.3 Vurdering af besparelspotentiale ved bedre måling	21
2.4 Vurdering af potentiale for besparelse i membranfiltreringsanlæg	22
2.5 Udvikling af scenarier for vandgenbrug	23
2.5.1 Vandkvalitetskriterier	23
2.5.2 Scenarie for øget genanvendelse - eksemplificeret ved Thise	24
2.5.3 Bæredygtighedsvurderinger af udvalgte teknologiske løsninger	26
3. Fremme af vandeffektivitet via lovgivning og regulering	29
3.1.1 Lovgivningsmæssig placering af mælkevand	29
3.1.2 Godkendelseskravet	30
3.1.3 Manglende referencestandarder for vandgenbrug	30
3.1.4 Manglende kendskab til den mikrobielle stabilitet af RO-permeater	31
3.2 Dokumentationsbyrden lettes ved hjælp af branchekoder	31
3.3 Egenkontrol og branchekode	33
3.3.1 Principper for fastlæggelse af egenkontrol	33
3.4 Genbrug af drikkevand	34
3.4.1 Drikkevandsparametre, der er relevante for vand af drikkevandskvalitet på mejerivirksomheder	34
3.4.2 Overvejelser vedr. risikofaktoranalyse	35
3.4.3 Potentielle anvendelser af sekundære vandstrømme	36
3.5 Risikovurdering af mælkevand	36
3.5.1 Planlægning af de gennemførte undersøgelser	37
3.5.2 Anvendte metoder	37
3.5.3 Resultater af undersøgelser af mælkevand	39
3.5.4 Kvalitets- og overvågningsparametre, der er relevante for RO-vand på mejerivirksomheder	44

3.5.5	Overvejelser vedr. risikofaktoranalyse	45
3.6	Best available Technologies for mejerier - deltagelse i BREF arbejdsgruppe	46
4.	Vejen mod mere vandeffektive mejerier	47
4.1	Den samlede vandbesparelse hos de deltagende mejerier	47
4.2	Skønnede besparelser i branchen ved anvendelse af de dokumenterede teknologiske løsninger og branchekodens muligheder	49
4.3	Vejen mod det vandløse mejeri	51
5.	Forretningsgørelse, vækst og eksport knyttet til øget vandeffektivitet	52
5.1	Er det en god forretning at øge vandeffektiviteten?	52
5.2	Business cases for de gennemførte teknologiprojekter	52
5.3	Kort om forretningsgørelse	52
5.4	Indledende kortlægning af mejeriernes modeller for forretningsgørelse	53
5.5	Workshops om forretningsmodeller i mejeribranchen	53
5.6	Design af spørgeskemaundersøgelse	53
5.7	Gennemførelse af spørgeskemaundersøgelse	54
5.8	Opfølgende dialog med industrien	54
5.9	Overordnede resultater fra undersøgelsen	55
5.10	Vandindsatsen i mejerierne	56
5.11	Barrierer og muligheder for vandeffektive løsninger	57
5.12	Adgang til dokumenteret teknologi og ledelsessystemer for øget vandeffektivitet	59
5.13	Styrkede mekanismer til spredning af viden og erfaringer	60
5.14	Fremme og eksport af nye vandeffektive løsninger	60
	Referencer	62
	Bilag 1. Projektkatalog	63

Ordliste

Fagtermer og forkortelser

Benchmark

Branchekode

BREF

CIP

DKK

Eco-efficiency

Fouling

HACCP

mPE

MPN teknik

Mælkevand

OPRP

Pakdåsevand

Polishervand

RO

RO-vand

Forklaring

Et benchmark er et måletal, hvor en industri kan sammenligne egen process performance med den bedste praksis i lignende industrier.

En vejledning udarbejdet af branchen selv med angivelse af god praksis, som forelægges myndighederne til godkendelse, hvorefter producenter er tilladt, når branchekoden følges.

Best Available Technology Reference Document

Cleaning in place. Et CIP system er et system, som leverer en række vaske- og rengøringsprocesser til rensning af interne overflader i et procesanlæg.

Danske kroner

En holistisk tilgang til opgørelse af miljøpåvirkninger og økonomi i et samfundsperspektiv, hvor samtlige aktører og livscyklustrin inkluderes.

Begroning eller afsætning af mælkeingredienser på overflader i et procesanlæg.

Hazard analysis and critical control points er en systematisk præventiv metode til at sikre, at produkter er fødevaremæssigt sikre.

Milli PersonÆkvivalenter - Måleenhed for miljøpåvirkning ved beregning af eco-efficiency

Most Probable Number. En teknik til at opgøre antallet af mikroorganismer i en given prøve.

Den vandige fraktion efter RO-filtrering.

Operational Prerequisite Programme. En procedure, som bruges til at sikre og fastholde et fødevaremæssigt og hygiejnisk sikkert procesmiljø.

Tilstrækkelig køling og smørelse er essentiel for enhver pakdåse, og ved de fleste pumper, omrørere eller andre steder, hvor akseltætninger anvendes, kræves et konstant flow af et spærremiddel for at få optimal tætning i pakdåsen. I de fleste tilfælde er spærremidlet vand.

Den vandige fraktion efter omvendt osmose efterfulgt af endnu en filtrering.

Reversed osmosis (omvendt osmose). RO-filtrering anvendes på mejerier til fjernelse af vand - især fra valle.

Den vandige fraktion efter RO-filtrering

ROP	Reversed osmosis system efterfulgt af endnu en filtrering, som kan være RO.
RO-Permeat	Den vandige fraktion efter RO-filtrering.
UF	Ultra Filtering - en membranproces, som adskiller større molekyler i et koncentrat, også kaldet retentat, og en væske med mindre molekyler, kaldet permeat.
UV	Ultraviolet lys. Bruges ved desinfektion af vandige processtrømme til destruktion af mikroorganismer.
Valle	Valle er betegnelsen for den del af ostemassen, som udskilles under fremstillingen og ikke anvendes i osten. Den består af vand, proteiner, en lille del laktose og små mælkebestanddele.
Vandskub	Vand, som bruges til at skubbe rester af produkt ud af processystemet.

Forord og sammenfatning

I rapporten præsenteres resultaterne af Partnerskabet om Vandeffektive Mejerier, som er gennemført fra 16. december 2013 til 30. september 2016 af 19 partnere under en partnerskabsaftale med et samlet budget på 18,1 mio. kr. Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) har bevilget et tilskud på 7,5 mio. kr., fordelt med 5 mio. kr. til timer og 2,5 mio. kr. som tilskud til udstyr hos de deltagende mejerier. Det øvrige budget er fremkommet ved egenfinansiering af timer af de deltagende partnere og de deltagende mejeriers investeringer i nyt udstyr. Partnerskabet indgik endvidere i Vækstplan for vand, bio & miljøløsninger.

Følgende partnere har deltaget i aktiviteter under partnerskabet: Fødevarestyrelsen, Naturstyrelsen, Landbrug & Fødevarer, Mejeriforeningen, Ecolab, Tetrapak, Grundfos, Kamstrup, Krüger, Vestforsyning, Naturfredningsforeningen, DTU Fødevarer og DTU Miljø samt mejerierne Thise, Nørager, Them og 3 mejerier under Arla Foods (Rødkærsbro, Taulov og Vimmerby). DHI har været leder af partnerskabet og kontraktholder med SVANA (nu Miljøstyrelsen) på vegne af partnerskabet.

Nedenstående tabel viser en oversigt over de mejerier, som har gennemført udviklings- og demonstrationsprojekter i partnerskabet, samt en række nøgletal for disse (2013 værdier).

Mejeri	Produkt	Vandforbrug/år i m ³ for gennemførsel af projekter på mejerierne	Vandforbrug i liter pr. kg indvejet mælk for gennemførsel af projekter
Thise	Ost, konsummælk og mælkeprodukter	139.318	1,29
Nørager Mejeri A/S en del af Nordex Food	Hvid ost	106.881	1,84
Them	Gul ost	78.326	1,36
Arlafoods Rødkærsbro	Mozarella ost	480.243	0,68
Arlafoods Taulov	Gul ost	750.000	1,36
Arla Foods Vimmerby	Mælkepulver	450.000	0,88

Rapporten består af en hovedrapport med resultater og et appendix til hovedrapporten, som beskriver de testede teknologier og dokumentationen af vand- og øvrige besparelser ved installation af disse teknologier, samt en selvstændig bilagsrapport. Hovedrapportens kapitel 1 beskriver de anvendte metoder til kortlægning af vandforbrug i de deltagende mejerier, og resultaterne af kortlægningen fremgår af bilagsrapportens bilag 1. I kapitel 2 er potentialet for besparelser vurderet, idet der er opstillet en række scenarier for besparelser. Disse er efterfølgende vurderet ud fra krav til kvalitet af vand eller RO-permeat til genbrug, tilbagebetalingstid for investering og bæredygtigheden af tiltag til vandbesparelse. I kapitel 3 er de reguleringsmæssige forhold omkring vandbesparelse beskrevet, og de mikrobiologiske analyser, der understøtter, at vandbesparelse kan ske på en fødevaremæssigt sikker måde, er beskrevet. Kapitel 4 beskriver, hvor meget de deltagende mejerier har sparet på vand ved de projekter, som er gennemført. Besparelsen ved en mindsket omkostning til vand, energi og sparet arbejdstid er opgjort, og hvor det har været muligt, er der også set på besparelser i kemikalieforbrug og genvinding af råvare. Der er også i kapitlet udarbejdet et estimat af, hvor meget meje-

risektoren i Danmark kan spare ved at anvende de afprøvede teknologier og udnytte mulighederne angivet i branchekoden. Endelig beskriver kapitel 5 de non-regulative barrierer for vandgenbrug, og hvordan vandbesparelse og dokumenterede teknologier kan forretningsgøres og føre til øget vækst og eksport. Appendix til hovedrapporten beskriver de gennemførte projekter hos mejerierne og dokumenterer besparelser, tilbagebetalingstider for investeringer og angiver en række indikatorer for teknologiens udviklingsstadiet.

I det følgende opsummeres de centrale resultater af partnerskabets arbejde.

Partnerskabet har resulteret i, at vand fra mælken (RO-permeat eller mælkevand) i fremtiden kan håndteres som en fødevarer i mejerierne. En fødevareremæssigt sikker måde at håndtere dette på er beskrevet i et nyt udkast til branchekode for mejerierne. Med den nye branchekode er godkendelsen af nyt tiltag til vandeffektivitet løftet op fra det enkelte mejeri til sektorniveau. Ved anvendelse af branchekodens angivelser er det derfor muligt for mejerier at henvise til denne branchekode, når mejerierne vil indføre nye teknologier til at øge vandeffektiviteten. Ved anvendelsen af egenkontrollen angivet i branchekoden sikres det, at dette kan ske på en fødevareremæssigt sikker måde.

Første version af branchekoden, som stadig ved afslutning af Vandeffektive Mejerier er i udkast, vil indeholde nedenstående umiddelbart anvendelige egenkontrolprogrammer, herunder hvilke parametre der er relevante at måle for vandkvalitet hhv. overvågning af mejerierne.

Egenkontrolprogrammerne vil omfatte:

- Recirkulering af kølevand til ost
- Recirkulering af vand i CIP systemer
- RO-vand fra valle, mælk og produktskyl kombineret med UV-behandling
- RO-vand fra valle, mælk og produktskyl kombineret med pasteurisering
- ROP-vand med UV-behandling

Partnerskabet har dokumenteret, at det er muligt teknisk at reducere vandforbrug af enkelte processer i mejerierne ved installering af nye og mere vandeffektive processer, ved anvendelse af RO-vand samt ved genbrug i CIP rensningsprocesser, ligesom det er dokumenteret, at det er muligt at oprense spildstrømme og anvende disse til teknisk vand (f.eks. til køling). Sådanne løsninger har en bred anvendelse i hele mejeribranchen.

Nedenstående tabel viser en oversigt over de gennemførte projekter hos mejerierne, årlige dokumenterede besparelser og besparelser omregnet til danske kroner.

Projektnr. og titel Delprojekttitel		Delta- gende Mejeri	Øvrige deltagere	Projektom- kostninger (DKK)	Dokumenteret Vandbesparelse og øvrige bespa-relser i m3/år (se Appen- dix A)	Vandbespa- relse i % af totalforbrug	Værdi af vandbe- sparelse og øvrige besparelser i kr./år
1	Smart integration og formidling af vandmålerdata	Thise	Kamstrup, DHI	246.953	Estimeret 6.950	Estimeret 5 %	173.750 ved 25 kr./m3 samt bespa- relser i arbejdstid på 200.000 til 300.000 kr
2	Konstant flow- ventil til styring af flow til pakkåser på pumper	Thise	ÅF A/S, DHI	41.140	1150	1,2% af total vandforbrug per UF anlæg	28.750 kr. ved en vandpris på 25 kr./m3
3	Automatisering og optimering af CIP	Them	Mogren Au2mate Smede- virksom- hed	1.316.583	5400 m3/år	6,9% af totalt vandforbrug	216.000 kr. ved vandpris på 40 kr./m3
4	RO- vand genan- vendt til kølekond- ensa-tor	Arla Taulov	Ecolab	Investering foretaget i 2013, forsøg i 2015- 16	36.000	4,7% af total- forbrug (2015)	720.000 kr. ved vandpris på 20kr./m3
5	RO- vand til slut- skyl på CIP 10	Arla Taulov	Ecolab, NALCO	524.995	32.400	4,3% af total vandforbrug	648.000 kr. ved vandpris på 20 kr./m3
6	RO-vand som slutskyl CIP 4, kølevandspasteur og formvaskere	Arla Taulov	Ecolab	423.634	77.400	10,2% af total forbrug af vand (2015)	1.548.000 kr. ved vandpris på 20 kr./m3
7	Anvendelse af Bioboostervand til kølekonden-sator	Arla Rød- kærsbro	Ecolab NALCO	1.967.433 /forudsætter at der er etableret et biobooster- anlæg	50.000	9% af totalfor- brug	300.000 kr. ved en vandpris på 6 kr./m3
8	Genbrug af vand til køling af pum- per	Them	Them, Domerit	579.940	5000 m3/år	6,4% af totalt vandforbrug	200.000 kr. ved en vandpris på 40 kr./m3
9	Udskyl/CIP på UF	Nørager	Novadan, smede- firmka, Nørager	95.000	3.500 m3/år	4,5% af vand- forbrug	110.000 kr. ved en vandpris på 23 kr./m3
10	Udskyl/CIP på UF 1	Nørager	Nørager	67.754	1500 m3/år	Indeholdt i projekt 9	Indeholdt i projekt 9

Projektnr. og titel Delprojektitel		Delta- gende Mejeri	Øvrige deltagere	Projekto- kostninger (DKK)	Dokumenteret Vandbesparelse og øvrige bespa-relser i m3/år (se Appen- dix A)	Vandbespa- relse i % af totalforbrug	Værdi af vandbe- sparelse og øvrige besparelser i kr./år
11	Biobooster per- formance test – Vimmerby- pilotforsøg	Grund- fos	Arla Vim- merby	Grundfos og Arla	Potentiale på 150- 180 m3/dag		
12	Genbrug af mel- lem- og sluts skyl på CIP	Thise	Thise DHI Aquatic Food Factory	1.050.000	Estimeret 14.500	10,4% af totalt vandforbrug	362.500 ved en vandpris på 25 kr./m3
13	Pladekøler i stedet for skrabekøler	Thise	SPX	453.949	1350	1% af totalt vandforbrug	Vandbesparelse værdi 33.750 kr. ved vandpris på 25 kr./m3 Energibesparelse 73.000 kWh pr. år, 75.000 kr. besparel- se på vedligehold
14	RO-vand til an- vendelse som teknisk vand- ringledning	Thise	Thise DHI Aquatic Food Factory	951.749	Estimeret 22.650	16,3% af samlet vandforbrug	566.250 kr. ved en vandpris på 25 kr./m3

Den samlede dokumenterede/estimerede vandbesparelse for de projekter, der er gennemført (uden pilotprojektet hos Vimmerby), er 200.000- 250.000 m3/år. I forhold til det samlede vandforbrug på ca. 1.600.000 m3/år i de deltagende mejerier udgør dette en gennemsnitlig besparelse på ca. 15%. Dette dækker dog over meget store forskelle i de enkelte mejerier, hvor besparelsen er fra ca. 4 til 40-50% afhængigt af, hvilke projekter der er gennemført. De store besparelser findes hos de mejerier, der har genanvendt RO-permeat og optimeret CIP-proces ved anvendelse af slut- og mellemskyl. Værdien af samlede vandbesparelser for mejerierne med de aktuelle vandpriser er opgjort til 4,9 millioner kr. pr. år. Medregnes også besparelser i energiforbrug og arbejdstidsbesparelser, er den samlede besparelse i størrelsesordenen 6 millioner kr. pr. år. Denne besparelse skal ses i sammenhæng med en skønnet engangsinvestering i størrelsesordenen 8-9 millioner med tilbagebetalingstider fra mindre end et år til nogle få år.

Besparelsen på de 15% i gennemsnit er ikke et udtryk for, at de involverede mejerier har gennemført alle de mulige besparelser, der knytter sig til de identificerede teknologiske løsninger og muligheder i branchekoden. En beregning af en mulig vandbesparelse, hvis den danske mejerisektor anvender den fulde palet af teknologiske muligheder og mulighederne i branchekoden, er skønnet til 1,5-2,2 millioner m3 vand/år eller 7-9 gange større end det, der er realiseret ved de gennemførte projekter i Partnerskabet om Vandeffektive Mejerier. Det største vandbesparelspotentiale er i de osteproducerende mejerier.

Der er i partnerskabet udviklet en række praktiske støttemetoder til at kortlægge vandforbrug og vurdere mulighederne for vandbesparelse, idet dette skal tilpasses det enkelte mejeris konkrete situation med hensyntagen til vandforbrug til produktion, rengøringspraksis, evt. forekomst af RO-vand fra valle etc. To forskellige tilgange hertil er anvendt: (i) installation af mange strategisk placerede vandmålere og automatisk dataopsamling af vandforbrugsdata og (ii) detaljeret gennemgang af vandforbrug og identifikation af vandforbrug i produktionsafsnit og på enkelte enhedsoperationer. De gennemførte kortlægninger har dannet grundlag for scenarieudvikling af forskellige teknologiske løsninger til vandbesparelse, som har kunnet vurderes ud fra deres økonomi, tilbagebetalingstid, teknisk gennemførlighed og bæredygtighed, hvor sidstnævnte er vurderet ud fra enkelte scenariers eco-efficiency. Eco-efficiency

viser, hvordan det enkelte tiltag tilføjer økonomisk værdi og påvirker udvalgte miljøindikatorer for mejeriet samt dets omgivende samfund.

Det vurderes samlet, at mejeribranchen med det gennemførte partnerskabsprojekt har fået et meget bedre grundlag for at styrke vandeffektiviteten og samtidig også se på de afledte muligheder for at spare på energi, arbejdstid, kemikalier og råvarer. Især mejerier, der håndterer valle, har mulighed for at øge vandeffektiviteten i væsentlig grad ved investeringer i teknologier, som har en forholdsvis kort tilbagebetalingstid på 1-2 år. Hvis mejerierne skal videre mod en vandneutral løsning, vil der være behov for at rense op på spildstrømme med større investeringer - men teknologierne er til rådighed.

Med branchekoden og de dokumenterede teknologier vil mejeribranchen kunne komme blandt de mest vandeffektive i Europa og være klar til også at kunne producere i mere vandfattige områder. Branchen vil desuden kunne løse nogle af sine udfordringer på spildevandsområdet ved at blive mere effektiv til at genanvende vand. Det vurderes også, at vandteknologileverandører vil have bedre muligheder for at anvende danske fuldskalaprojekter til at dokumentere, at deres teknologier kan anvendes på en økonomisk, fødevaremæssigt og miljømæssigt sikker måde og dermed potentielt kan øge deres vækst og beskæftigelse både på et dansk og et internationalt marked.

1. Kortlægning af vandforhold i mejerier

1.1 Vandkortlægning hos mejerierne

Ved starten af projektet viste det sig, at der - i modsætning til hvad der var tilfældet på energiområdet - kun var foretaget sporadiske kortlægninger af vand hos de deltagende mejerier. Der manglede også en systematik for, hvordan en sådan vandkortlægning foretages, således at kortlægningen kan føre frem til identifikation af besparelspotentiale for vand og andre ressourcer på mejerierne. Partnerskabet har resulteret i, at der nu foreligger nogle gennemprøvede kortlægningsmetoder, som kan anvendes bredt i mejeribranchen og andre brancher inden for fødevaresektoren.

Vandkortlægningen er derfor gennemført på alle de 5 deltagende mejerier. På Nørager og Rødkærsbro mejerier under ledelse af Krüger, på Thise, Them og Sædager mejerier under ledelse af DHI (se detaljer i bilagsrapport Bilag 1). Da erfaringerne med vandkortlægning ved partnerskabets start var begrænset, er det valgt at afprøve to forskellige metoder.

Kortlægningen er af DHI foretaget systematisk på forskellige detailniveauer:

- Niveau 0: Mejeridriften anses for en "black box", og kun input- og output-strømme baseret på målere af mejeriernes samlede forsyning af vand og afledning af spildevand registreres
- Niveau 1: Forsyningsfunktioner (kedel, blødgøring, køletårne, CIP, vallekoncentrering mv.) kortlægges individuelt, mens mejeriprocesserne ikke kortlægges individuelt
- Niveau 2: Mejeriprocesserne kortlægges individuelt på procesniveau

Krüger har ved kortlægningen af vandforbruget hos Arla Rødkærsbro og Nørager mejeri anvendt et "Water Mapping værktøj" for at holde styr på og strukturere de data, der opsamles under en vandkortlægning på et givet mejeri (se detaljer i bilagsrapportens bilag 1). Værktøjet er udviklet med baggrund i et "Standard Mejeri", og det enkelte mejeri skal defineres inden gennemførelse af kortlægning. Detaljeringsgraden af vandkortlægningen bestemmes af brugeren i forhold til opsætning af værktøjet, og om der ønskes en kortlægning på afdelings-, underafdelings- eller proces-niveau. Efter værktøjet er opsat i samarbejde med de relevante produktionsfolk, er selve dataopsamlingen gennemført i de enkelte afdelinger på mejeriet med en gennemgang af de vandforbrugende processer. Kortlægningen giver et gennemsnitligt billede af, hvor meget vand der forbruges og genbruges i de valgte afdelinger.

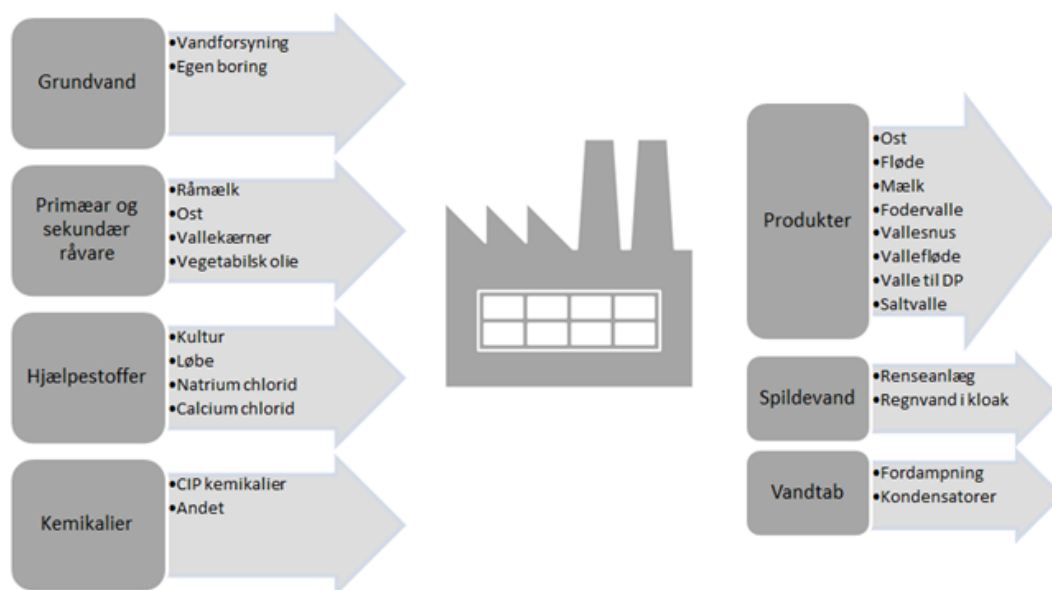
Værktøjet giver mulighed for bl.a. at registrere:

- Vandforbrug på alle organisationsniveauer, ned til den enkelte produktionsproces
- Tilvejebringelse af vanddata: målt, beregnet eller anslået forbrug
- Vandtyper: opsættes som valg fra det enkelte mejeri
- Vandkategorier: CIP, produktion, pakdåsevand, utility og vandskub
- Data om råvareindvejning og produceret produktmængde, hvilket giver mulighed for udarbejdelse af nøgletal

Alle data indtastes direkte i en database med mulighed for at udtrække utallige kombinationer af data til afreportering.

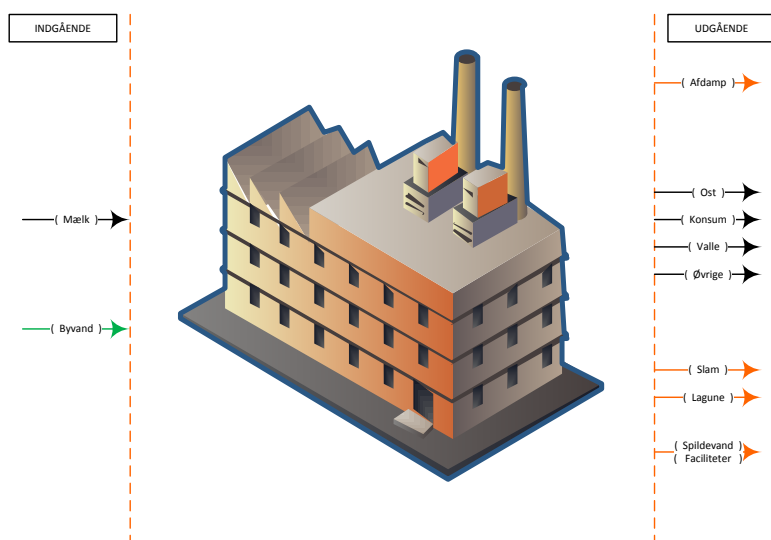
1.1.1 Niveau 0: Overordnet vandbalance

Krüger og DHI har anvendt to forskellige kortlægningsprincipper på Niveau 0. I praksis har resultaterne været nogenlunde det samme. De to metoder til kortlægning er illustreret i Figur 1-1 og Figur 1-2.



Figur 1-1 Illustration af vandkortlægningsmetode anvendt af Krüger – eksemplificeret ved Rødkærsbro Mejeri. Vandindhold i alle indgående og udgående strømme er kortlagt (inkl. kemikalier, hjælpestoffer mv.).

Medens Krüger har arbejdet med en detaljeret kortlægning af alle vandstrømme og derved har kunnet redegøre for mere end 90-95% af det samlede vandforbrug, har DHI i sin metode negligeret en række mindre betydende strømme og alene koncentreret sig om de væsentligste vandholdige strømme.



Figur 1-2 Overordnet vandbalance af vandindtag, vand i mælk, spildevand, fordampning og vand i produkter (eksempel fra Thise Mejeri).

Mejeriernes vandeffektivitet før projektets gennemførte besparelser er sammenfattet i nedenstående Tabel 1-1.

Tabel 1-1 Resultatet af kortlægningen på Niveau 0 for de fem deltagende mejerier (detaljer fremgår af Bilag 1). Bemærk at data er fra 2013 fra før projektet er startet.

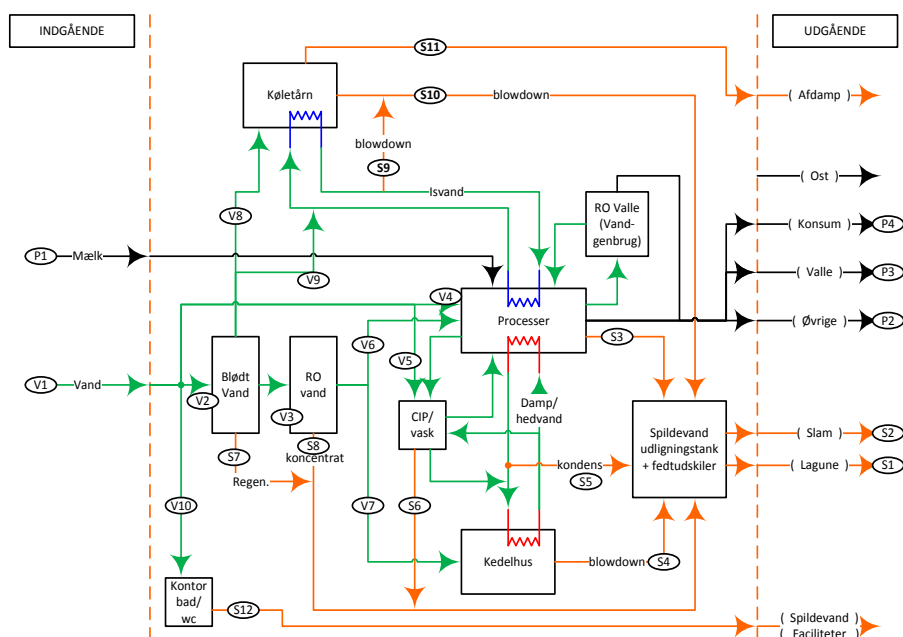
Mejeri	Rødkærsbro	Nørager	Thise	Them	Sædager
Produktion	Gul ost	Hvid ost	Blandet	Gul ost	Hvid ost
Vandforbrug- forsyningsvand	480.243	106.881	139.318	78.326	58.194
Spildevandsproduktion	559.442	89.766	146.923	48.802	35.626
Vandforbrug pr kg indvejet mælk	0,68	1,84	1,29	1,36	1,43
Måleperiode	2013	2013	2013	2013	2013

I afsnit 1.2 vises resultaterne af kortlægningen fra de deltagende mejerier. Som indledning til afsnittet beskrives den viden, mejerierne har om vandforbrug og udviklingstendenser hen over de seneste år. Der angives dels vandforbrug, dels nøgletal, hvor forbruget sættes i relation til produktionen. Resultaterne vises som totale vandbalancer, herunder hvor meget af vandet det har været muligt at redegøre for, og der redegøres så vidt muligt for både rent vand og mælkevand i forhold til de definitioner af vandtyper, der er givet i afsnit 1.1. Variationer henover året og med de forskellige produktioner illustreres.

Videre i afsnittet ses der nu på, hvor vandet bruges på procesniveau. De største vandforbrug er identificeret, og hvor dette er muligt, redegøres der for genanvendelse af vand i nogle af de processer, der er i mejerierne.

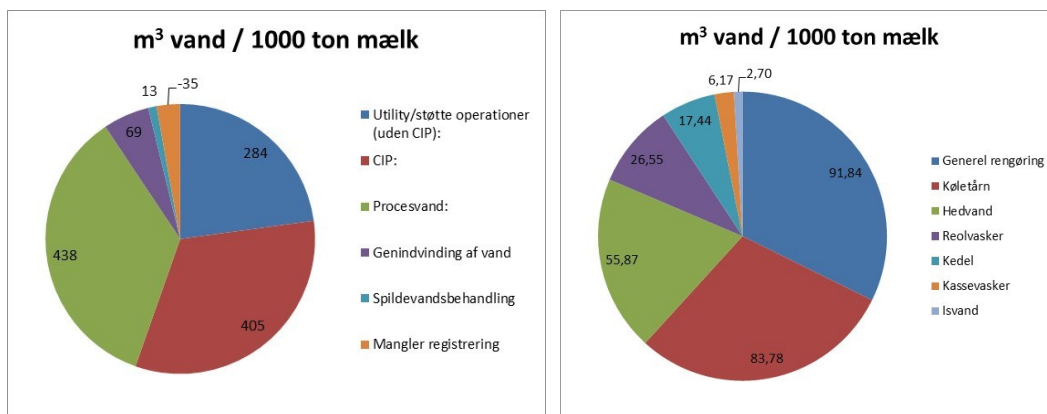
1.1.2 Niveau 1: Balance over forsyningsfunktioner ved projektets start

På Niveau 1 kortlægges vandforbruget på centrale forsyningsystemer. Dette er gennemført for Them, Sædager og Thise mejerier. I Figur 1-3 nedenfor vises procesflowdiagram Niveau 1 for Thise Mejeri. På dette niveau er procesflowdiagrammet stor set identisk på alle mejerier.



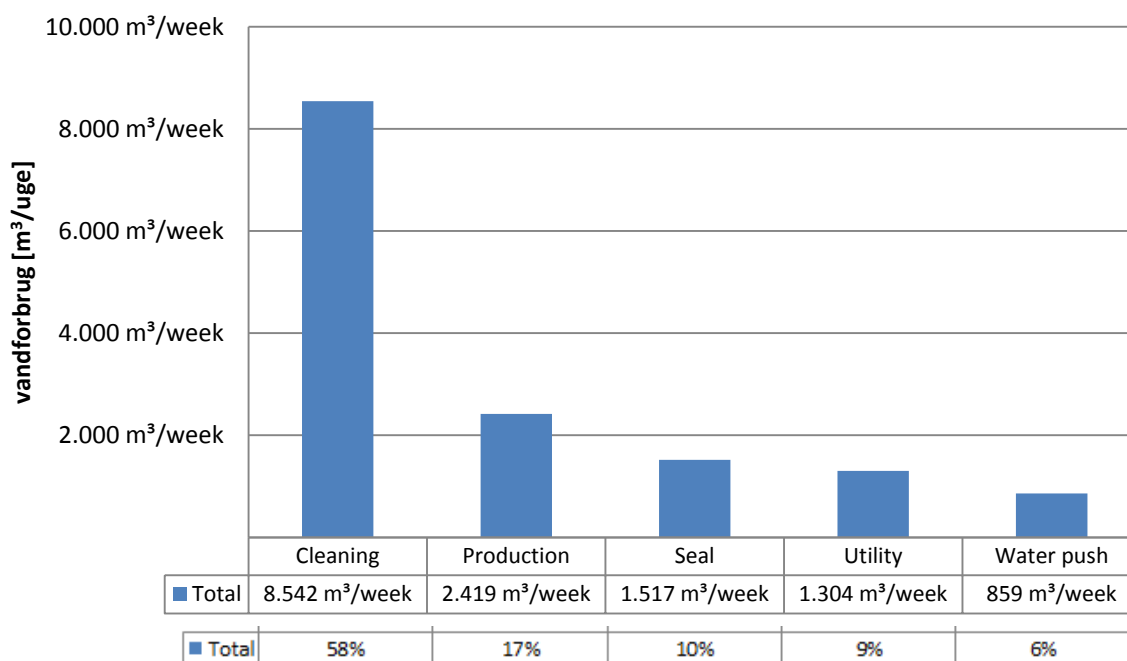
Figur 1-3 Niveau 1: Vandforbrug på procesniveau og spildevandsafledning på procesniveau. Overordnet procesdiagram for vandforhold i processen (eksempel vist for Thise Mejeri).

Det er muligt at sammenligne specifikke vandforbrug på dette niveau mellem de enkelte mejerier. Som eksempel vises i Figur 1-4 herunder specifikt vandforbrug for Thise.



Figur 1-4 Dette diagram viser fordelingen af specifikt vandforbrug på de enkelte typer af vand og de enkelte vandanvendelser i mejerierne. Værdierne er angivet som m³/1.000 ton indvejet mælk (eksemplificeret ved Thise Mejeri)

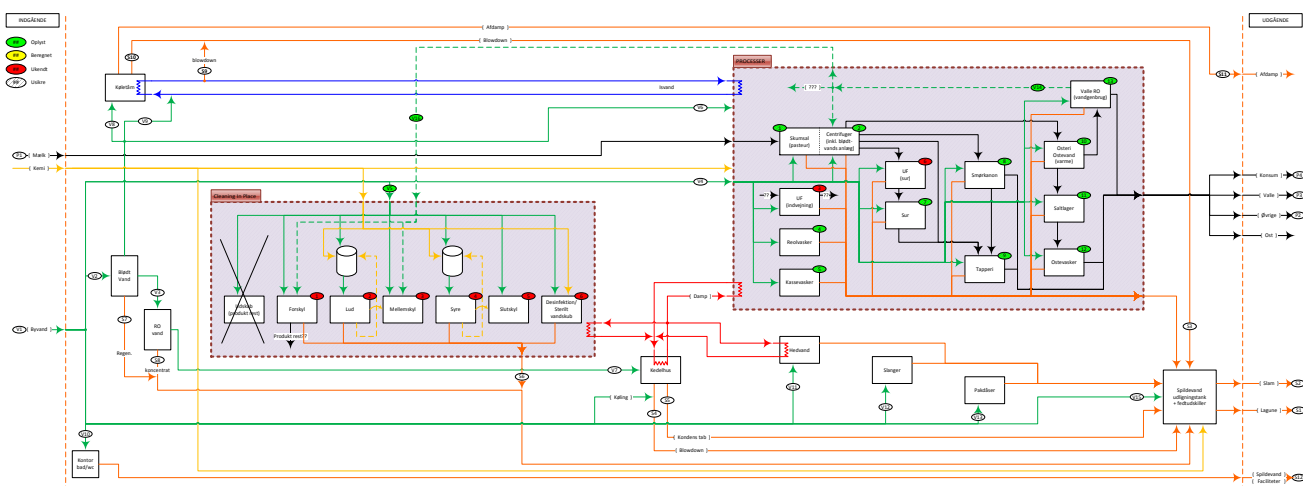
Fig. 1.5 viser fordelingen af vandforbrug på de enkelte vandforbrugende processer hos Rødkærsbro.



Figur 1-5 Viser fordelingen af de forskellige vandforbrugende processer hos Rødkærsbro

1.1.3 Niveau 2: Balance på procesniveau

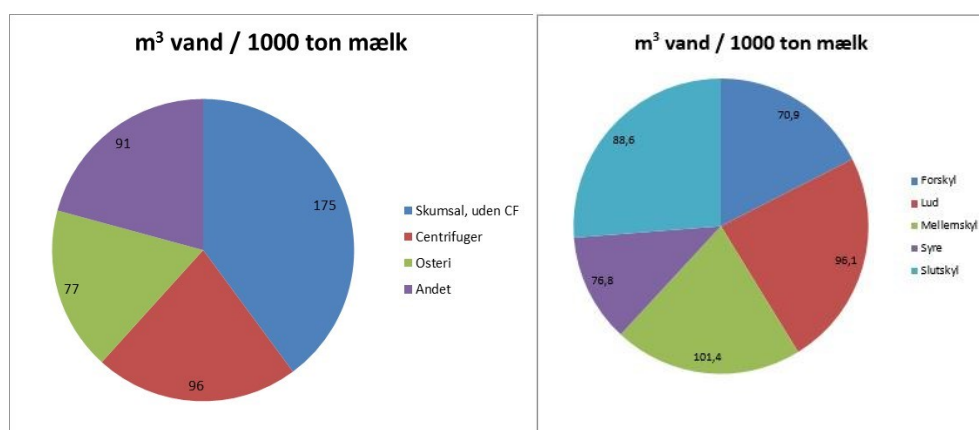
Vandbalancen er etableret på enkeltprocesser hos Thise, Nørager og Rødkærsbro mejerier. Et eksempel på et forsimplet procesflowdiagram for Thise Mejeri fremgår af Figur 1-6.



Figur 1-6 Niveau 2: Forsimplet procesflowdiagram for Thise Mejeri på Niveau 2.

Det har vist sig nødvendigt at gennemføre kortlægningen til dette detaljerede niveau for at vurdere det fulde potentiale af vandbesparelser og –genbrug og herunder vurdere vandkvalitetskrav til de enkelte delprocesser, som evt. vil kunne anvende genbrugsvand.

På dette niveau er CIP (Cleaning in Place) nedbrudt i delprocesser, og for oversigtens skyld er øvrige delprocesser grupperet i procesafsnit (Figur 1-7).



Figur 1-7 Niveau 2: Specifikt vandforbrug på skumsal og CIP anlæg (Thise Mejeri 2014)

1.1.4 Forbedret datagrundlag ved etablering af flere vandmålere

Resultatet af vandkortlægningen på niveau 2 er nået via direkte målinger på delprocesser – men ofte også via massebalancer og estimater. Der er således et behov for at forbedre datagrundlaget og dermed beslutningsgrundlaget for valg af scenarier for forbedret vandeffektivitet.

Der er på Thise Mejeri gennemført et projekt i samarbejde med Kamstrup, DHI og Thise med etablering af et stort antal ekstra vandmålere med automatisk dataopsamling og formidling af data til relevante brugere. Dette projekt præsenteres i afsnit 2.3.

1.2 Vandindtag og spildevandsudledning fra mejerierne

Mejeriernes udveksling af vand og spildevand med omgivelserne varierer meget fra sted til sted og er betinget af lokale forhold for vandindvinding og spildevandsudledning. Derudover spiller produkt-sortimentet og mejeriets størrelse en væsentlig rolle i forhold til vandforbruget og mængderne/kvaliteten af det udledte spildevand. I det følgende gennemgår vi vand- og spildevandsforholdene for de mejerier, der deltager i Vandeffektive Mejerier.

1.2.1 Vandindvinding

Mejerierne har stærkt varierende forhold omkring vandindvindingen. Her følger en kort præsentation af vandindvindingen. Vandforbruget varierer mellem 48.000 og 522.000 m³/år, hvilket svarer til ca. 12.000-13.000 danskeres vandforbrug. Vandprisen varierer fra 1 DKK/m³ ved Nøragers egenindvinding til 12 DKK/m³, som Them betaler for levering af drikkevand fra Them Vandværk. En tidligere opgørelse af vandforbrug for en række mindre danske mejerier (forbrug 2750-125.000 m³/år) afslørede vandpriser på 2-5 kr. fra vandværk.

Tabel 1-2 De deltagende mejeriers vandforsyningsforhold. Oplysningerne er indhentet fra mejerierne. Data fra ¹2013 og ²2014- før projektets start

Mejeri	Them ¹	Thise ¹	Rødkærsbro ²	Sædager	Nørager
Vandværk	Them Vandværk	Vihøj Vandværk	Eget vandværk		Egen boring
Vandforbrug (m ³)	82.989	139.000	521.897	48.000	107.200
Vandpris (DKK/m ³ ekskl. moms)	12	5	2,0		1

1.2.2 Vandkvalitet

Foreløbige resultater. Der er ikke observeret markante udsving i den leverede vandkvalitet fra år til år. Dette er som forventet, fordi der er tale om grundvandsbaseret indvinding.

Tabel 1-3 Leveret vandkvalitet. Data fra seneste udvidede kontrol (måned-år).

Parameter	Grænseværdi		Them, Smede-bakken Vandværk (03-2014)	Thise, Vihøj Vandværk (05-2014)
Temperatur		C	8,6	9,2
Ammonium	<0,05	mg/l	0,014	0,039
Chlorid	<250	mg/l	24	75
Fluorid	<1,5	mg/l	0,1	0,15
Hårdhed, total		grader dH	8,2	11
Kalium	<10	mg/l	3,4	4,2
Natrium	<175	mg/l	12	63
Nitrat	<50	mg/l	<0,5	1,68
Nitrit	<0,01	mg/l	<0,005	0,01
Oxygen - Iltindhold	>5	mg/l	>11	10,5
Sulfat	<250	mg/l	69	12
Jern	<0,1	mg/l	0,022	<0,01
Mangan	<0,02	mg/l	<0,005	<0,005
Coliforme bakt. 37 Gr.	<1	MPN/100 ml	<1	<1
E.coli	<1	MPN/100 ml	<1	<1
Kimtal 22 Gr.	<50	antal/ml	<1	1
Kimtal 37 Gr.	<5	antal/ml	<1	<1
Organisk mikroforurening-/pesticider detekteret?			Nej	Nej

1.2.3 Vandforbrug i relation til produktion

De deltagende mejeriers vandforbrug varierer fra 0,7 til 1,5 L vand pr. kg indvejet mælk. Internationale erfaringer viser tilsvarende et vandforbrug fra 0,07 til 5,9 L/kg indvejet mælk. Tallene afhænger af produkttypen, hvor produktion af mælkepulver i Danmark (HOCO) ligger på ca. 1 L vand/kg mælk og internationalt varierer mellem 0,07 og 2,6 L vand/kg mælk.

Tabel 1-4 Sammenligning af vandforbrug på danske mejerier med vandforbrug rapporteret i international litteratur.

Produkt	Vandforbrug l vand/kg mælk indvejet	Kommentar	Resultater fra projektet Vandeffektive Mejerier
Mejeriprodukt ikke angivet eller blandet produktion	0,73-0,83 0,6-5,8 1,3-2,5 0,8-1	Engelske mejerisektor EU Kommissions data Australien "benchmark" Australia	
Mælk og mælkeprodukt	0,94-1,1 0,58-4,0 0,48-2,5 0,97-1,45	Engelske mejerisektor EU Kommissions data Australien International Finance Cooperation/WB "Benchmark"	Thise: 1,29 (survey) Thise: 1,18 (målt 2014)
Ost	0,50-0,78 1,16-3,7	Engelske mejerisektor EU Kommissions data International Finance Cooperation/WB	Rødkærsbro: 0,65 Nørager: 0,9 Them: 1,48 (survey) Them: 1,36 (målt 2014) Mammen: 0,69 (survey) Sædager (1,43 målt 2014)
Mælkepulver	0,78—1,6 0,07-2,6 0,8-1,7	International Finance Cooperation/WB UNEP Benchmark (UK- Environment Agency)	HOCO: 1,0 (2012)
Blandet mejeri	0,34-0,63 0,58-4,0 0,07-2,8	Engelske mejerisektor EU Kommissions data UNEP	Thise: 1,29 (survey) Thise 1,18 (målt 2014)

1.2.4 Spildevandsforhold

Forholdene vedrørende mejeriernes spildevandsudledning er meget forskellige, med varierende grader af rensning på egne anlæg, omkostninger (særbidrag) og regulering af udledningen til ekstern rensning eller recipient. I Thise renses spildevandet på eget anlæg og hygiejniseres i lokal lagune, inden vandet udspreddes på mark. Them neutraliserer spildevandet, før det ledes til kommunal rensning. Nørager udleder til det lokale spildevandsanlæg uden forudgående rensning, mens Rødkærsbro renser størstedelen af spildevandet på eget anlæg inden udledning til Gudenåen.

Tabel 1-5 De deltagende mejeriers spildevandsafledningsforhold. Oplysninger indhentet fra mejerierne og tilknyttede myndigheder. Data fra ¹2013 og ²2014 og internationale erfaringstal fra Rad & Lewis 2014.

Mejeri	Them ¹	Thise ¹	Rødkærsbro ²	Sædager	Nørager	Internationale erfaringer
Spildevand ekstern rensning (DKK/m ³ , inkl. særbidrag)	30	NA	30,92 (<20.000 m ³) 25,54 (>20.000 m ³)	?	33	
Spildevand egen rensning (DKK/m ³)	NA	30	6,5	?	NA	
Spildevands "recipient"	Silkeborg Spildevand A/S	Lagune (udspredning på mark)	Gudenåen (+kommunalt rensesanlæg)	?	Rebild Forsyning	
Udfordrende parametre (som identificeret af mejeriet/forsyningen)	Volumen og pH	COD	Q _{max} =1750 m ³ /d N P	COD	COD N P	
Spildevand egen rensning	0	145.000	601.000		0	
Spildevand til off. anlæg	54.000	0	34.326	34.816	75.400	
Spildevand total (m ³)	54.000	145.000	635.326		75.400	
COD (før egen rensning) (mg/L)	3600	4000	1795		2500	1200-3750
COD (t/år)	194	580	1139		189	
Mælkeproteinækv. (t/år)	143	426	838		139	
COD efter egen rensning (mg/L)	-	1100 (280)	13		?	
COD krav til udledning (mg/L)			75		3500	<100-250
Total kvælstof udledt til recipient (mg/L)	270	170 (53)	6,3		85	48-150
Total kvælstof krav til udledning (mg/L)			8		200	10
Total fosfor udledt til recipient (mg/L)	40	1,4 (1,2)	0,22		75	10-100
Total fosfor krav til udledning (mg/L)			0,3		60	2

Mejeriernes COD-udledning kan betragtes som et udtryk for spild fra produktionen eller "tabt produkt". COD-koncentrationen inden rensning varierer fra 1795 mg/l i Rødkærsbro til 4000 mg/L hos Thise. Det samlede produkttab svarer til mellem 189 og 1139 tons COD pr. år, hvilket omsat til "proteinækvivalenter" svarer til tabet af 139-838 tons mælkeprotein pr. år (der er ikke taget højde for bidrag fra rengøringsmidler, så det faktiske tab er formentlig en smule mindre) (Rad & Lewis 2014).

Flere af de deltagende mejerier har udfordringer med at holde COD-koncentrationen nede i forhold til spildevandsudledningen, så en generel effektivisering af produktionen med henblik på at reducere produkttabet i spildevandsstrømmen vil tjene flere formål.

Udledninger og krav er i samme størrelsesorden som internationale. Det samme gælder krav til spildevandsudledning. Det må bemærkes, at de internationale erfaringstal dækker over tal rapporteret i perioden 1972 til 2010.

2. Potentiale for øget vandeffektivitet i mejerier

2.1 Definition af vandeffektivitet

I projektet Vandeffektive Mejerier defineres og måles vandeffektivitet på følgende måde:

Vandeffektivitet: liter forsyningsvand/kg indvejet mælk

I projektforsøget har flere mejerier udvidet eller ændret produktionen, og det har således været vigtigt for at dokumentere vandeffektiviteten, at der ikke alene er målt på vandforbrug, men også på den indvejede mælkemængde og andre forhold som f.eks. behandling af valle for andre mejerier.

Samtidig har der været fokus på spildevandssiden. Denne del er dog mere kompleks, da en lav spildevandsafledning kan dække over, at store mængder biprodukter (fx valle) køres væk i tankbiler, uden at vandet separeres fra og udnyttes lokalt, eller at store mængder vand fordampes, uden at kondensat udnyttes.

Partnerskabet har resulteret i, at der nu foreligger vandeffektivitetsmåling på to niveauer:

1. For hele mejeriet
2. For udvalgte enhedsoperationer i mejeriet, fx generel rengøring og CIP, hvilket muliggør en mere præcis vurdering af det enkelte mejeris effektivitet på enhedsoperationsniveau og potentiale for forbedringer.

2.2 Systematik for identifikation af muligheder for forbedret vandeffektivitet

Der er anvendt en systematisk fremgangsmåde til identifikation af muligheder for at forbedre vandeffektiviteten. Denne systematik har til formål at sikre, at "lavthængende frugter" identificeres og realiseres, inden der arbejdes med mere avancerede og omkostningstunge løsninger med rensning og genbrug af vandstrømme.

Systematikken baserer sig på vandkortlægningsaktiviteterne beskrevet i afsnit 1 og viser processen eksemplificeret med Thise Mejeri.

2.2.1 De 6 R'er

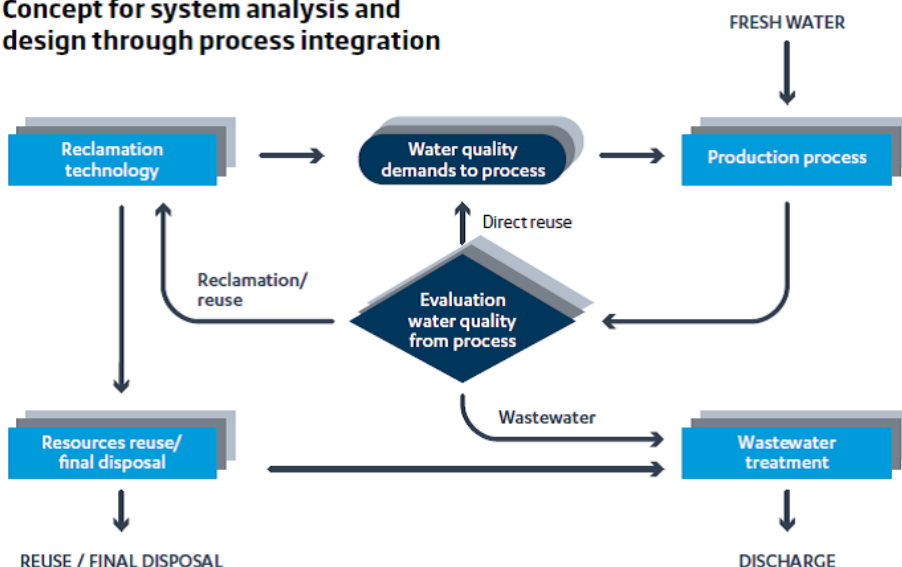
Systematikken, der anvendes, betegner vi de 6 R'er (fra engelsk). Det er en prioriteret rækkefølge, som erfaringsmæssigt giver den bedste omkostningseffektivitet ved implementering:

- Reduce: Minimer forbruget af vand ved kilden
- Renew: Forny processer, så de bliver mere vandeffektive
- Reuse: Genbrug af vand fra en proces i en anden (uden rensning)
- Recycle: Recirkulering af vand flere gange i samme proces (uden rensning)
- Reclaim: Rensning af vand til opnåelse af nødvendig vandkvalitet (kombineres med Genbrug eller Recirkulering)

- Return: Udlledning af vand til recipient inden for gældende afløbskrav

Til analyse af besparelsesmuligheder er der anvendt en Water-fit-for-purpose metodik til evaluering af potentialer for vandgenbrug. Dette betyder, at vandkvalitetskrav til de enkelte delprocesser vurderes individuelt og sammenholdes med tilgængeligheden af vand af den rette kvalitet – evt. efter introduktion af en specifik rensningsteknologi.

Concept for system analysis and design through process integration



Figur 2-1 Koncept for systemanalyse og design via procesintegration

Analysen baserer sig på en vurdering af den enkelte vandstrøms potentiale, således som det er blevet identificeret via vandkortlægningen. I tillæg hertil er der set på mælkevandet og dets mulige anvendelse.

2.3 Vurdering af besparelsespotentiale ved bedre måling

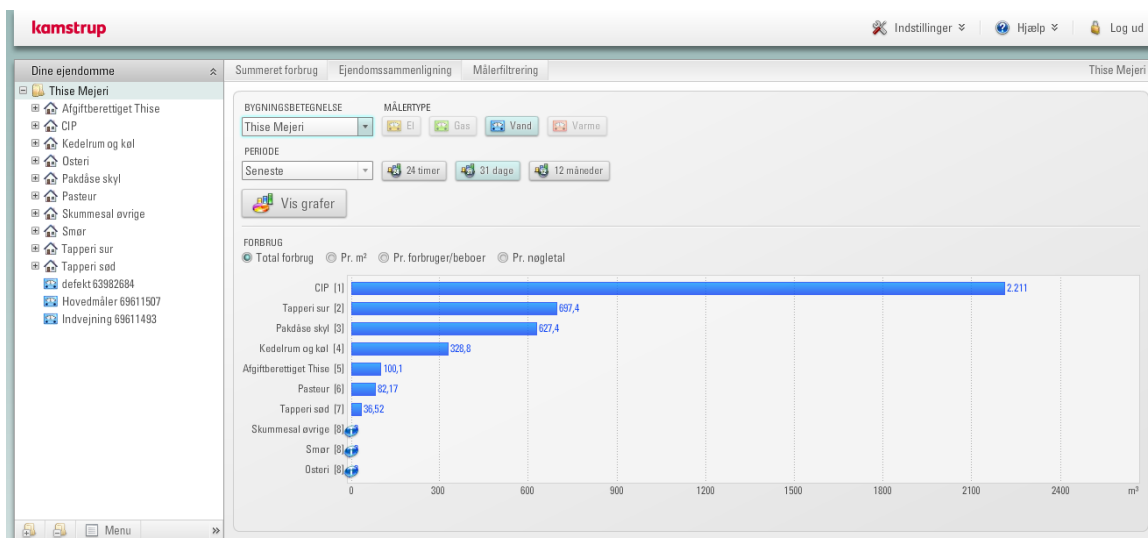
I forbindelse med kortlægningen på Thise Mejeri blev der identificeret behov for et forbedret datagrundlag til at arbejde systematisk med vandeffektivitet i organisationen og forbedre data- og beslutningsgrundlaget for identificerede optimeringsprojekter.

Erfaringen viser, at øget fokus på det reelle vandforbrug på et meget detaljeret niveau fra ledelse og medarbejdere på virksomheden oftest leder til direkte besparelser – ofte i størrelsesordenen 10-20% af det samlede vandforbrug¹ – enten gennem forbedrede principper for god husholdning eller ved at sætte fokus på enkeltprocesser med et uforholdsmæssigt stort vandforbrug.

I samarbejde med Kamstrup har Thise Mejeri opsat over 40 nye vandmålere – delvist til at erstatte ældre vandure – og data fra alle disse vandmålere opsamles automatisk på timebasis i systemet eButler (en platform til at analysere og visualisere vand og energimåledata) fra Kamstrup (Figur 2-2). E

Effekten af systemet evalueres p.t., og samtidig kan systemet bruges som baseline for de optimeringsprojekter, som er identificeret hos Thise.

¹ Wafeer case study: Success Story for Industrial Water Saving, Food Processing:
http://www.wafeer.net/resources/1/cases/case_sad.pdf



Figur 2-2 Screenshot fra eButler systemet hos Thise Mejeri til automatisk registrering af vandforbrug på delprocesser.

2.4 Vurdering af potentiale for besparelse i membranfiltreringsanlæg

Det har altid været en udfordring at vide, hvornår der er behov for at CIP-rengøre rørsystemer samt lukkede tanke og udstyr, der kommer i kontakt med mælk og mejeriprodukter. Denne udfordring er bestemt ikke mindre i membranfiltreringsanlæg, som notorisk er storforbrugere af vand i forbindelse med rengøringen. Derfor besluttede arbejdsgruppen for underprojektet at gennemføre en spørgeundersøgelse blandt danske mejerier med UF-anlæg for at skaffe et overblik over, hvilke parametre der er afgørende for mejeriernes beslutning om at rengøre anlægget.

Undersøgelsen er gennemført ved udsendelse af et spørgeskema i november 2014 til de danske mejerier, der var bekendt til havde et UF-anlæg. Der er modtaget svar fra 15 mejerier med 17 UF-anlæg. Endvidere er undersøgelsens resultater suppleret med arbejdsgruppens erfaringer.

Undersøgelsen viser:

- at uanset produkt (mælk, valle, syret produkt) kan driftstiden variere fra 4 timer til i enkelte tilfælde over et døgn
- at det helt overvejende er et fald i anlæggets kapacitet p.g.a. fouling (begroning af overflader af membraner), der udløser en rengøring
- at det kun på et mindretal af anlæggene findes relevant at gennemføre en løbende bakteriel driftskontrol
- at tidspunktet for igangsættelse af en CIP-rengøringsprocedure søges tilpasset ordrestørrelse og mejeriets døgnrytme - så med mindre nogle af de førnævnte faktorer (fouling eller kimvækst) gør sig gældende, kører mejerierne den planlagte batch igennem. Erfaringen siger dog også, at det ved længere driftstid ikke vil være muligt at oprense membranerne tilstrækkeligt, hvorfor kapaciteten lige så langsomt vil blive dårligere og dårligere. Hertil kommer, at det koster uforholdsmæssigt meget i kemikalier, vand og energi at oprense til et acceptabelt niveau
- at mejerierne anvender RO-vand ved rengøring af en tredjedel af anlæggene, mens to tredjedele af anlæggene bruger brøndvand. For et enkelt anlæg er det anført, at mejeriet bruger RO-vand til forskyl og brøndvand til sluts skyl.

Af besvarelserne kan det konkluderes:

- at der under gældende driftsforhold/døgnrytme næppe vil være de store vandbesparelser at hente ved automatiseret rengøring af UF-anlæg (Ultrafiltreringsanlæg), da CIP primært er afpasset produktions-/døgnrytmen
- at der ligger en potentiel besparelsesmulighed i at anvende RO-vand til fx forskyl

Undersøgelsen gav bl.a. anledning til, at der i brachekodearbejdet blev arbejdet med at se på, om det er muligt at anvende RO-vand til CIP i et større omfang.

2.5 Udvikling af scenarier for vandgenbrug

Når der arbejdes med vandgenbrug i fødevarerindustrien (Reuse-Recycle-Reclaim i ovenstående metodik), introduceres potentielle risici, som skal håndteres – både teknologisk, ledelses- og reguleringsmæssigt – og det er derfor relevant at behandle disse scenarier særskilt.

2.5.1 Vandkvalitetskriterier

For at kunne vurdere potentialet for genbrug af vand på mejerierne er det vigtigt at få kortlagt de eksisterende vandstrømme og vandkvaliteter på mejerierne. Potentialet for genanvendelse af mælkevand og andre typer af vand vil variere fra mejeri til mejeri og vil også afhænge af, hvilke typer af produkter der bliver produceret på det enkelte mejeri.

Ud over tilgængeligheden af vandressourcer er der også praktiske forhold, der skal adresseres. Logistisk er det en udfordring at opbevare og håndtere genanvendeligt vand på mejeriet på en hensigtsmæssig måde. Dette gælder både det at kunne adskille de enkelte vandkvaliteter på mejeriet og at lagre vandet, uden at kvaliteten af vandet kompromitteres. Det kan også være nødvendigt at have forskellige rørsystemer til forskellige vandkvaliteter, og lagring af vand vil ofte være nødvendigt, idet vandet ikke nødvendigvis kan genbruges i det øjeblik, det er tilgængeligt. Lagringen af vand kan potentielt være problematisk, fordi rester af organisk materiale vil kunne understøtte vækst af mikroorganismer.

Kortlægningen af vandressourcerne på mejeriet skal både belyse, hvilke kvaliteter af vand der findes på mejerierne, og hvilke potentielle genanvendelsesmuligheder der er. Herudover skal logistikken omkring genbrug belyses, herunder muligheder for lagring. Eventuelle investeringsbehov, herunder rentabilitetsberegninger, skal ligeledes kortlægges.

I projektet er der via arbejdet med branchekoden for mejerier (se afsnit 3) defineret 6 kategorier af vand, som vist i

Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Anvendelseskategorier for vand i mejerier

Term	Oprindelse	Kvalitet
Drikkevand	Råvand, dvs. fra vand-værk eller egen boring	Alle krav til drikkevand
Vand af drikkevands-kvalitet	Genbrugt drikkevand ROP-vand og brugt ROP-vand med dokumenteret drikkevandskvalitet	Relevante krav til drikkevand
Vand af ROP-kvalitet (fx ROP-vand)	RO-vand Kondensat Brugt ROP-vand Blanding af kat. 1 og 2	Fri for patogener Urea og andre mælkebestanddele i minimale koncentrationer Udvidet mikrobiologiske holdbarhed, hvis kombineret med behandling
Vand af RO-kvalitet (fx RO-vand)	Valle UF-permeat Permeat fra produktskyl Brugt RO-vand Blanding m. kat. 1, 2 og 3	Fri for relevante patogener Urea og andre mælkebestanddele i meget små koncentrationer Begrænset mikrobiologiske holdbarhed når kombineret med behandling
Andet vand	Alle ovenstående kilder Blanding m. kat. 1, 2, 3 & 4	Mælkebestanddele i små koncentrationer (men er klart) Kan indeholde patogener Evt. anvendelsesspecifikke kriterier
Teknisk vand	Alle kilder	Evt. anvendelsesspecifikke kriterier

2.5.2 Scenarie for øget genanvendelse - eksemplificeret ved Thise

På Thise Mejeri er der ud fra analyse af, hvilke vandtyper der findes på Thise, og hvilke krav der er til kvaliteten af vand, der skal genbruges, identificeret 29 scenarier for forbedret vandeffektivitet (Tabel 2-1). Disse er yderligere prioriteret og kvantificeret som vist i tabel 2.2, og udvalgte scenarier af generel interesse for branchen vil blive udvalgt til mere gennemgribende scenarieevaluering, bl.a. baseret på øko-effektivitetsmodeller (se afsnit 2.7.3).

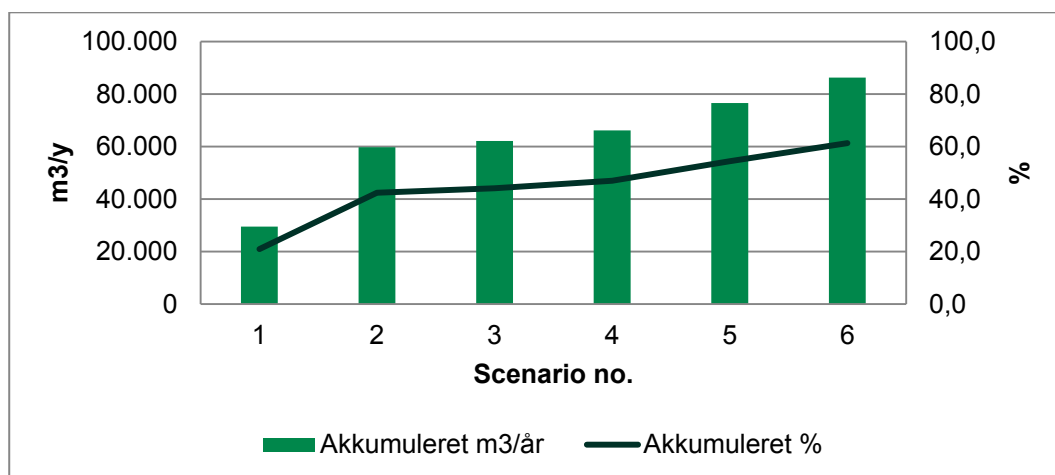
Tabel 2-2 Eksempler på scenarier for øget vandeffektivitet på Thise mejeri. De præliminære besparelspotentialer kan ikke summeres, da der i flere tilfælde er tale om flere forskellige scenarier til samme vandstrøm

De 6 R'er	Antal scenarier identificeret	Scenarieeksempler	Præliminært besparelspotentiale m ³ /år
Reduce	1	- Ved at synliggøre det aktuelle forbrug på enkeltprocesser samt fokus fra ledelse og medarbejdere er det muligt at reducere forbruget med op til 20%	14.000
Renew	8	- Indsættelse af "konstant flow" ventiler ved bl.a. pumpekøling. Potentiale afhænger af nuværende manuelle indstillinger, fx 1/3	2.900
		- Fjederbelastede spulehoveder på skylleslanger til hedvand og alm. skyllevand. Potentiale på 1/3.	5.800
Reuse	15	- Brug af RO-koncentrat på køletårne. Potentiale for fuld udnyttelse	1.450
		- Ved større vandskub kan en større del erstattes med fx RO valle-permeat (mælkevand). Potentiale på 2/3 af vandforbruget	14.000
		- Benyt kemivand til opspædning af lud og syre på CIP anlæg. Mulighed for total omlægning	17.000
		- Modstrøms CIP. Benytte sluts skyl som mellemskyl og mellemskyl som forskyl. Potentiale for fuld udnyttelse. Anvendelse af mælkevand.	18.400
Recycle	3	- Regenerering af CIP væske via nanofiltrering (potentiale ca. 50%)	8.500
		- Opsamling og recirkulering af vand til pumpekøling (potentiale ca. 1/3)	5.800
Reclaim	1	- Avanceret rensning af overskydende RO-permeat (mælkevand) til drikkevandskvalitet	5.100
		- Rensning af spildevand med fx MBR-RO-UV til genbrug som teknisk vand	15.000
Return	1	- Vand brugt ved pumpekøling, kan ledes direkte til recipient	8.700

Igennem en proces, som involverede Thises produktions- og HACCP-folk, blev de 29 scenarier analyseret og aggregeret, og der blev udvalgt følgende løsninger til implementering:

- Konstantflow-ventiler til pakkåser
- Udskiftning af pladekøler med skrabekøler
- Fuld udnyttelse af mælkevand
- Optimering og ombygning af CIP
- Genanvendelse af rejectvand fra behandling
- Optimering af UF-anlæg

Figur 2-3 illustrerer, hvordan de enkelte teknologier samlet i de fire første scenarier bidrager til den samlede vandbesparelse. Scenarie 5 og 6 viser også et vandbesparelspotentiale ved yderligere behandling af spildevand fra Thise og yderligere behandling af RO-vand. Disse løsninger er ikke gennemført i projektet på grund af for lange tilbagebetalingstider for investeringerne.



Figur 2-3 Vandbesparelspotentiale hos Thise ved gennemførelse af prioriterede scenarier (1-4) og yderligere potentiale ved gennemførelse af ikke-prioriterede scenarier (5-6)

2.5.3 Bæredygtighedsvurderinger af udvalgte teknologiske løsninger

Ved at introducere nye vandeffektive teknologier opnås umiddelbart både miljømæssige og økonomiske gevinster - her ved lavere vand- og spildevandsudgifter. Der kan dog forekomme gemte og uhensigtsmæssige konsekvenser af nye vandeffektive teknologier i form af øget forbrug og dermed omkostninger til fx energi og kemikalier. Derudover kan investeringsomkostningerne ende med langt at overgå de besparelser, der måtte forekomme. For at være i stand til at vurdere disse teknologier ud fra et holistisk perspektiv kan der udføres en analyse af teknologiens "Eco-efficiency". "Eco-efficiency"-analysen er et værktøj, der sammenholder en livscyklusvurdering (LCA) af en enhed, fx et produkt, med en vurdering af enhedens værdi for relevante interessenter (ISO 2012a).

I modsætning til livscyklusanalyse er eco-efficiency endnu ikke en standardiseret metode med en etableret international praksis for, hvordan vurderingen bør udføres. Et delprojekt under Vandeffektive Mejerier har derfor haft til formål at udvikle og beskrive en transparent metode til beregning af eco-efficiency potentialet af vandbesparende teknologier på mejerier. Metoden er tilstræbt at være så generel, at den vil kunne bruges i andre dele af fødevarerbranchen eller andre vandforbrugende industrier. Formålet med delprojektet er primært at beskrive og demonstrere metoden og sekundært at bruge den til at vurdere eco-efficiency tilstanden af en række teknologier foreslået i Vandeffektive Mejerier. Metoden og demonstrationen er beskrevet i detaljer i bilagsrapportens Bilag 2 og er opsummeret i det følgende.

Eco-efficiency har til formål at give beslutningsstøtte til løsninger, der kan øge værdiskabelsen samtidig med at reducere systemets belastning af miljøet. Vurderingen kan foretages for nye teknologier, der overvejes indført, eller allerede under udviklingen af nye teknologier. Normalt vil de nye alternativer blive sammenlignet med et "business as usual" (BAU) alternativ, så eco-efficiency vurderes som en forskel mellem to eller flere alternativer, der kan vægtes imellem. Metoden, der er udviklet her, forsøger således ikke at beskrive et eksisterende systems eco-efficiency *tilstand*, men fokuserer alene på at beskrive *konsekvensen* af et eller flere valg i forhold til et alternativ.

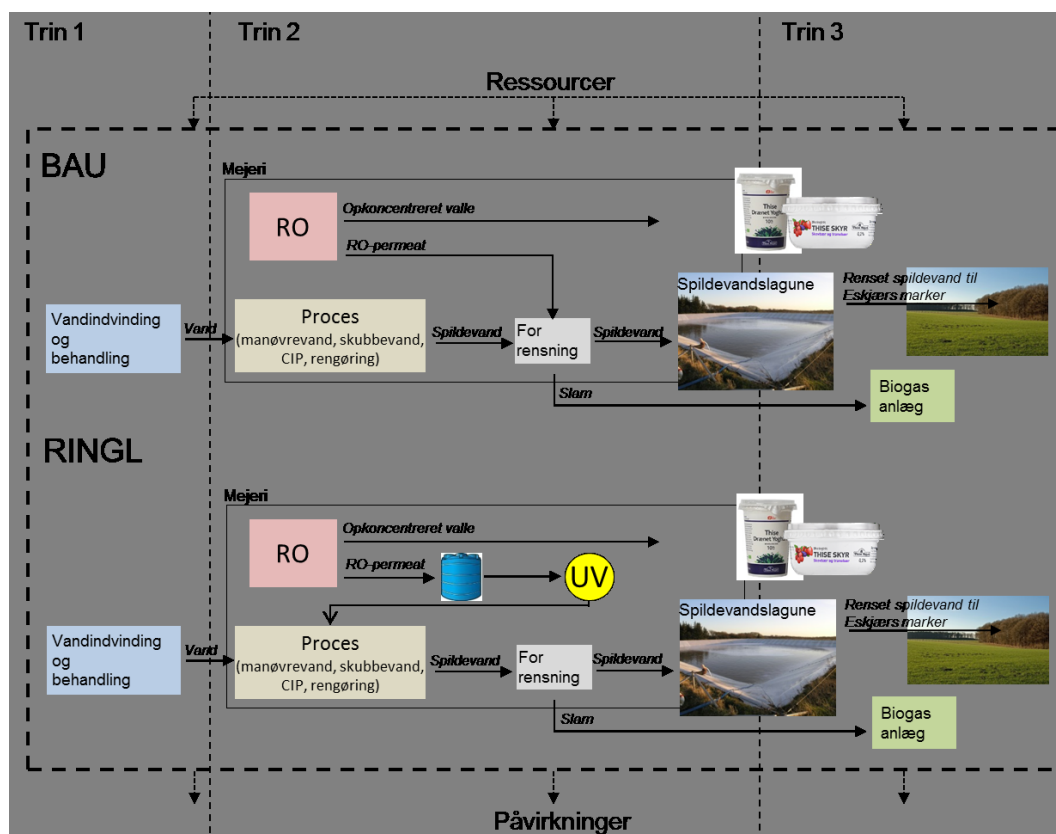
Den udviklede metode tager udgangspunkt i internationale standarder for livscyklusanalyse (se bilagsrapport for detaljer). For at sikre en konsistent vurdering af både værdiskabelse og miljøeffekter anvendes der den samme systemafgrænsning for begge dele af eco-efficiency vurderingen. Dette er, så vidt vides, ikke gjort tidligere for vandteknologi i fødevarerbranchen.

Kort fortalt består eco-efficiency analysen af fem trin: (1) Definition af målsætning og systemafgrænsning, herunder de trin som dette system består af, og de aktører, som er involveret i syste-

met; (2) en kvantificering af miljøeffekterne (LCA). Kvantificeringen af miljøeffekterne er opgjort på baggrund af en opgørelse af de ressourcer og emissioner, der tilgår eller forlader hele værdikæden fra vandværk, over mejeri og spildevandsanlæg til recipienten. Massestrømmene omsættes til en miljøpåvirkning, som fx CO₂-ækvivalenter eller næringssaltsbelastning af ferkvandsressourcen. Miljøpåvirkningen normaliseres til personækvivalenter (PE), der er defineret som den samlede miljøpåvirkning forårsaget af en gennemsnitseuropæer; (3) En analyse af værdiskabelsen i systemet. Værdiskabelsen er beregnet som Value Added, dvs. de økonomiske midler, der frigøres til lønninger, nye investeringer, udbetaling af udbytte osv, når materialer og energi er betalt; (4) Sammenstilling af eco-efficiency ved identifikation af de indikatorer, som beskriver ressourceforbrug og udledninger fra systemet, og endelig (5) En fortolkning af resultater og konklusion på analysen.

Metoden er demonstreret på fem vandeffektive løsninger fordelt på henholdsvis Thise og HOCO. På Thise drejede det sig om: 1) Reduktion af vandforbrug ved implementering af mere effektive pakdåser og varmeveksler og 2) Anvendelse af RO-permeat ved opbevaring, UV-behandling og recirkulering som erstatning for forsyningsvand til vandskub og CIP-rensning. På HOCO blev to foreslåede løsninger undersøgt: 1) Genbrug af vand ved implementering af lokalt spildevandsanlæg med udledning til lokalt vandløb og 2) recirkulering af det oprensede procesvand som erstatning for drikkevand.

Et eksempel på systemafgrænsningen af systemet i Thise viser, hvordan opgørelsen af ressourceforbrug og miljøpåvirkninger dækker fra indvinding af grundvand til spredning af rensat spildevand på marker (Figur 2-4).



Figur 2-4 Systemafgrænsningen for Thise case 2, der sammenligner Business-as-usual (BAU) med en nyetableret ringledning (RINGL).

De to cases på Thise er eksempler på små vandeffektive løsninger, der kan implementeres forskellige steder på mejerier. HOCO-casen beskriver en større løsning, der potentielt kan gå ind og erstatte 83% af drikkevandsforsyningen.

Resultaterne viste, at de mindre løsninger på Thise havde et positivt økonomisk bidrag på 0,1-1,6 kr./ton indvejet mælk, mens de større teknologiske løsninger som decentral spildevandsbehandling havde et negativt bidrag på 5,5-7,5 kr./ton indvejet mælk. Dette skyldes, at den øgede værdiskabelse på HOCO ikke kompenserede for tab af omsætning hos de tilknyttede vand- og spildevands-selskaber. Miljøpåvirkningerne varierede mellem -0,002 milli-personækvivalenter (mPE)/ton indvejet mælk for CO₂ til -1,4 mPE/ton indvejet mælk for vand på Thise. I tilfældet med decentral rensning og recirkulering af spildevand på HOCO forventes der en let øget CO₂-udledning på op til 0,4 mPE/ton indvejet mælk, mens der forventes en noget større reduktion af presset på ferskvandsressourcen på 19 mPE/ton indvejet mælk, når vandet udnyttes fuldt ud som erstatning for importeret drikkevand. Næringssaltbelastningen af ferskvand og hav blev også vurderet for den decentrale spildevandsbehandling, og teknologien viste sig at have positiv indvirkning ved reduceret udledning til recipient.

For begge mejerier er en øget vandeffektivitet en forudsætning for at øge produktionen. Den øgede kapacitet er ikke taget med i ovenstående analyse, men vil være et naturligt næste trin. Ligeledes kan analysen også bruges til at indgå en dialog med teknologiudviklerne og operatørerne omkring mulighederne for at reducere omkostninger og miljøpåvirkninger yderligere. På denne måde vil eco-efficiency analysen blive en iterativ proces, der kan bidrage til teknologiudviklingen.

Tabel 2-1 Eksempler på ændret miljøpåvirkning og værdiskabelse ved introduktion af vandbesparende teknologier i mejerierne. Ændringer i mPE og DKK per ton indvejet mælk som følge af skift fra Business-as-usual (BAU) til vandbesparende initiativ.

Initiativ	Drivhuseffekt mPE	Ferskvands-påvirkning mPE	Næringssaltsbelastning mPE		Value added DKK
			Ferskvand	Hav	
Thise pakdåser	-0,002	-0,1	-	-	+0,1
Thise pakdåser og varmeveksler	-0,1	-0,2	-	-	+1,6
Thise recirkulering af RO-vand	-0,01	-1,4	-	-	+1,0
HOCO lokal rensning af spildevand	+0,3	0	-2,0	-0,2	-5,5
HOCO lokal recirkulering af rensset spildevand	+0,4	-19	-2,5	-1,2	-7,5

Eco-efficiency analysen af vandeffektive teknologier viste, at besparelser af vand kan komme på bekostning af et let øget bidrag til drivhuseffekten. Det ses også, at værdiskabelse i et enkelt livscyklusstrin ikke nødvendigvis er nok til at opveje tabet af værdi i de øvrige livscyklusstrin, som fx når recirkulering af spildevand medfører en reduktion i omsætningen hos fx vandværk og spildevandsanlæg. Eco-efficiency værktøjet, som er præsenteret her, giver en holistisk tilgang til opgørelse af miljøpåvirkninger og økonomi i et samfundsperspektiv, hvor samtlige aktører og livscyklusstrin inkluderes.

3. Fremme af vandeffektivitet via lovgivning og regulering

De væsentligste barrierer for implementering af vandeffektive løsninger i branchen blev i starten af partnerskabet vurderet at være:

- Uklar lovgivningsmæssig placering af mælkevand
- Kravet om godkendelse for anvendelse af vand i produktionen, som ikke er af drikkevandskvalitet, herunder dokumentationsbyrden
- Manglende referencestandarder for vandgenbrug, som kan vise, hvordan teknologiske løsninger lovligt kan anvendes uden at gå på kompromis med fødevarer sikkerheden
- Manglende kendskab til den mikrobielle stabilitet af RO-permeat
- Synliggørelse af økonomiske fordele ved at implementere vandbesparende løsninger
- Mangel på mere avancerede realtids-måleteknologier

De følgende afsnit adresserer de løsninger, partnerskabet har på de ovennævnte barrierer.

3.1.1 Lovgivningsmæssig placering af mælkevand

Dansk vandforsyning har tradition for at være baseret på indvinding af rent grundvand. Der er derfor ikke i miljølovgivningen indarbejdet klare juridiske rammer for anvendelsen af vand af anden kvalitet end drikkevandskvalitet. Dette kommer blandt andet til udtryk ved, at der ikke opereres med andre vandbegreber eller er fastsat regulering for behandling og rensning af andet vand.

Samarbejdet i partnerskabet har resulteret i en forståelse af gældende regler for fødevarehygiejne og drikkevand, således at der skelnes mellem vand, der oprindeligt var drikkevand, og vand, der oprindeligt var fødevare:

For "vand" (dvs. oprindeligt drikkevand) gælder følgende:

- Vand, som ikke er af drikkevandskvalitet, skal holdes adskilt fra vand af drikkevandskvalitet, og forsyningsledninger m.m. skal mærkes.
- Vand, der genbruges til forarbejdning eller som ingrediens, og som er af samme standard som drikkevand, kan anvendes uden forudgående godkendelse
- Anvendelse af vand til forarbejdning eller som ingrediens, og som er af anden standard end drikkevand, kræver forudgående godkendelse af den kompetente myndighed (i DK Fødevarestyrelsen)

For "mælkevand" gælder fødevarebestemmelserne, herunder følgende:

- Råvarer og ingredienser m.m., der indgår i forarbejdningen af færdigvarer,
 - må ikke accepteres, hvis de vides eller med rimelighed kan formodes at være så forurenede med parasitter, patogene mikroorganismer, giftige stoffer eller fremmedlegemer, at den færdige fødevare bliver uegnet til konsum
 - skal opbevares under passende forhold, som forhindrer skadelig nedbrydning og beskytter dem mod kontaminering
- Indvinding og anvendelse skal ske efter faste procedurer, der er baseret på HACCP-principperne

Ovenstående afklaring har været afgørende for løsningen af de øvrige barrierer for øget vandeffektivitet.

3.1.2 Godkendelseskravet

Forud for dette projekt vurderede branchen, at den væsentligste barriere for genanvendelse af vand er den danske fødevarerlovgivning/administration, herunder især kravet om godkendelse, hvis virksomhederne vil anvende vand i produktionen, som ikke har drikkevandskvalitet. Kravet blev anset dels som en administrativ hindring for mejerierne, men er også som en hindring for investeringer og anvendelse af teknologiske løsninger bredt i branchen. Det skyldes bl.a., at mejerierne ikke er interesserede i at investere i en teknologi, som ikke umiddelbart kan overføres på andre produktioner (hvor der skal udarbejdes en ny godkendelse), samt risikoen for, at en godkendelse kan trækkes tilbage.

Samarbejdet i partnerskabet har resulteret i følgende:

- Afklaringen af den juridiske placering af mælkevand undtager dette område fra kravet om godkendelse. Dette betyder dog ikke, at der ikke skal foreligge dokumentation, herunder risikovurderinger, men alene, at dette ikke skal forhåndsvurderes af myndighederne.
- Projektet fører til en branchekode, som kan indeholde konkrete scenarier, der erstatter kravet om individuel godkendelse. Fødevarestyrelsen har tilpasset regelsættet således, at myndighederne fremadrettet kan vurdere specifikke scenarier beskrevet i branchekoder i stedet for individuelle scenarier.
- Projektet har endvidere inspireret Fødevarestyrelsen til i bekendtgørelsesformat at tillade genbrug af sidste hold skyllevand til forskyl af samme fødevarerkategori i en kontinuerlig proces uden specifik risikovurdering.

3.1.3 Manglende referencestandarder for vandgenbrug

Omfattende genbrug af vand og anvendelse af mælkevand er relativt nyt i mejeribranchen, såvel i Danmark som i udlandet. Den erfaring, der hidtil er opnået fra praktikken, er ikke systematiseret eller vidensdelt. Referencer og modeller til vurdering af accepten af individuelle genanvendelser mangler.

Partnerskabet havde derfor som delmål at udvikle en branchemodel, der dels er risikovurderet som værende mulig i produktionen og dels udgør tilstrækkelig dokumentation for, at genindvundet og genanvendt vand er sikkert i forhold til tilsigtet anvendelse. Den risikovurderede branchemodel vil fungere som en standard, hvor teknologiske løsninger vurderes i forhold til deres muligheder for at sikre relevante kvalitetskrav.

I partnerskabet startede vi med at definere vandkvaliteter efter teknologi (dvs. RO-vand og ROP-vand, stabiliseret/ikke stabiliseret). I løbet af projektperioden er denne tilgang tilpasset, således at kvalitetsklasserne godt nok defineres ud fra teknologi og oprindelse, men uden at udelukke andre fremgangsmåder med samme resultat. Branchekoden vil kunne udvides med supplerende teknologi, efterhånden som ny viden og erfaring opstår.

Karakteriseringen er dokumenteret (risikovurdering) i et omfang, der er tilstrækkeligt til at konkludere, at fødevarer sikkerheden er i orden. Branchekoden beskriver procedurer for dokumentationen af overvågnings- og verifikationsparametre, der relaterer sig til den grundlæggende risikovurdering. Det er kombinationen af disse, der er det centrale.

Samarbejdet i partnerskabet har resulteret i følgende:

- Karakterisering af vandkvaliteter før og efter behandling
- Identificering af generelle scenarier for genanvendelse af vand, som dels har et vandbesparelses-potentiale og dels kan indføres på mange, hvis ikke alle, mejerier
- Anbefalede kriterier og niveauer af relevans for genindvindings- og recirkuleringssystemer på mejerivirksomheder
- Model for en branchekode for indvinding og anvendelse af vand og mælkevand på mejerivirksomheder

3.1.4 Manglende kendskab til den mikrobielle stabilitet af RO-permeater

På mejerierne anvendes RO-filtrering til opkoncentrering af værdistoffer fra en række vandstrømme, hvorved der genereres RO-vand (permeat). Ved en yderligere RO-filtrering (polishing) genereres ROP-vand.

På grund af RO-membraners lave retention af små uladede organiske molekyler indeholder begge typer permeater en betydelig mængde urea, der udgør et mikrobiologisk vækstpotentiale. Derudover er der også andre stoffer (fx lavmolekylære sukkerstoffer) tilstede, især i RO-vand. Dette vækstpotentiale er begrænsende for holdbarheden af RO-vandet.

Holdbarheden defineres i denne sammenhæng som den periode, der højst kan forløbe mellem hver (tømning og) rengøring af anlægget.

Samarbejdet i partnerskabet har resulteret i følgende:

- Det er muligt at fastlægge default holdbarhed af såvel RO-vand som ROP-vand, baseret på worst-case sammensætning og den mikrobielle karakterisering. Denne holdbarhed kan justeres lokalt, efterhånden som der opnås erfaring og et arkiv over overvågnings- og verifikationsresultater
- Det er muligt at reducere vækstgrundlaget for mikroorganismer i RO-permeat ved oxidering (UV & hydrogenperoxid).

3.2 Dokumentationsbyrden lettes ved hjælp af branchekoder

Uanset om der er tale om genbrug af (drikke)vand eller indvinding og (gen)anvendelse af mælkevand, er der i henhold til gældende lovgivning krav om dokumentation for, at fødevarer sikkerheden ikke kompromitteres.

Art og omfang af den nødvendige dokumentation varierer (se oversigt i Tabel 3-1):

- Hvis der udelukkende anvendes drikkevand (uden genbrug), er krav til dokumentation begrænset. Således har vandværket ansvaret for vandets kvalitet fra boring til skel, mens mejerivirksomheden har ansvaret for vandets kvalitet fra skel til tappehane inde på virksomheden og for vandkvaliteten fra evt. egen boring. Kommunen fører tilsyn med vandboringer og med, at kontrol af vandkvalitet udføres. Fødevarer styrelsen fører kontrol med, at vandet inde på virksomheden har den fornødne kvalitet. Mejerivirksomheden foretager ofte egne analyser.
- Hvis der anvendes vand ud over drikkevand, skal mejerivirksomheden kunne beskrive systemet og dokumentere standarden af vandkvalitete(r)n(e) der, hvor det anvendes. Mange af de para-

metre, der definerer drikkevand, er fastsat ud fra en miljøstyringsmæssig betragtning (sporing af grundvandsforurening), mens de parametre, der anvendes til vurdering af fødevarer sikkerheden, ofte er anderledes. Det er imidlertid drikkevandsbekendtgørelsens parametre, der skal danne grundlag for en vurdering af vandets (drikkevands)kvalitet. Hvilke af disse, der er relevante, kan være forskelligt brancherne imellem og fastlægges derfor mest hensigtsmæssigt i branchekoder

- Drikkevandsparametrene er ikke gældende for de øvrige vandkvaliteter, herunder mælkevand. Kvaliteten fastsættes på grundlag af risikofaktoranalyse.
- Genindvundet drikkevand og mælkevand indeholder andre kemiske eller mikrobiologiske stoffer end dem, der er grænseværdier for i drikkevandsbekendtgørelsen. En vurdering af første anvendelse, de behandlinger, der foretages, og anden relevant information om vandets håndtering vil udpege sådanne forureninger og danne grundlag for fastsættelse af overvågningsgrænser for styring samt verifikationsparametre

Tabel 3-1 **Dokumentationskrav i forbindelse med genanvendelse af vand og mælkevand**

	Oprindeligt råvand			Oprindeligt mælkevand		
	Drikke-vand	Vand af drik-kevands-kvalitet	Vand af anden kvalitet	Vand af RO-kvalitet	Vand af ROP-kvalitet	Vand af anden kvalitet
Dokumentation for overholdelse af kravene til drikkevand		X				
Beskrivelse af systemet og evt. behandling		X	X	X	X	X
Risikofaktoranalyse			X	X	X	X
Procedurer/instrukser vedr. anvendelse		X	X	X	X	X
HACCP plan				X	X	X
Overvågnings-resultater				X	X	X
Verifikationsplan	X	X	X	X	X	X
Analyseresultater	X	X	X	X	X	X
Godkendelse fra FVST			X			

Værktøjet til styringen af vand, der ikke er af drikkevandskvalitet, er de 7 HACCP principper som defineret i Hygiejneforordningens Artikel 5.

Centralt er risikofaktoranalysen, der for vand består af følgende elementer:

- Karakterisering af vandkvaliteterne (kemisk og mikrobiologisk)
- Identificering af risikofaktorer, der kræver styring
- Vurdering af udvikling af disse risikofaktorer under indvinding, oprensning og opbevaring
- Identificering/kategorisering af styrende foranstaltninger

For den enkelte mejerivirksomhed er det en væsentlig byrde at etablere den nødvendige dokumentation og gennemføre risikofaktoranalyserne. Der er også begrænset med viden om risikofaktorer i disse vandstrømme. I praksis er dette en væsentlig barriere for udnyttelse af de tekniske muligheder for anvendelse af andet vand end drikkevand.

Partnerskabets aktiviteter med henblik på at genere mere risikorelateret viden på området er beskrevet i afsnit 3.3.

Branchekoden (se udkast i bilagsrapporten Bilag 3), der bl.a. på grundlag af mere videnskabelige risikovurderinger kan påpege sikre scenarier bestående af kombinationer af vandkilde, behandling og anvendelse af vand, der ikke opfylder alle krav til drikkevand, og af mælkevand, vil være en stor dokumentationsletelse for mejerivirksomhederne og fjerne langt det meste af det indledende dokumentationsbehov - og hermed en af de væsentligste barrierer for øget vandeffektivitet.

3.3 Egenkontrol og branchekode

3.3.1 Principper for fastlæggelse af egenkontrol

Mejerivirksomhedens egenkontrol har til formål at demonstrere, at det vand, der anvendes til fødevarerproduktion, og som ikke er drikkevand, indvindes, behandles og håndteres under forhold og på en sådan måde, at fødevarer sikkerhed for mejeriets færdigvarer ikke kompromitteres heraf.

Egenkontrollen består af basisprogrammer samt registreringer fastlagt i HACCP/OPRP planer og i verifikationsplaner.

Basisprogrammer for vandsystemer er typiske aktiviteter, procedurer eller forholdsregler, der har til formål:

- at sikre opretholdelse af gode hygiejniske forhold, fx CIP-barhed, vedligehold baseret på at understøtte den operationelle driftssikkerhed af udstyr, fx specificerede anlægskrav til RO-anlæg, UV-anlæg og pasteuranlæg, samt kalibrering af overvågningsudstyr
- at reducere sandsynligheden for krydskontaminering, fx identificerbare rørledninger, regelmæssigt eftersyn af tætheden af pakninger og RO-membraner, og/eller
- at reducere spredning og forøgelse af tilstedeværende risikofaktorer, fx at der altid er drikkevand til rådighed som back-up, passende opbevaringsforhold og -tid

Basisprogrammerne understøttes af fx procedurer og specifikationer samt plantegninger, der viser fordelingsnettet, tanke, behandlingsanlæg og tappesteder.

HACCP/OPRP planer for genindvundet og recirkuleret vand indeholder:

- valgte styrende foranstaltninger, der sikrer den fastlagte vandkvalitet;
- overvågningsprocedurer med aktionsgrænser, der sikrer, at processen forbliver i styring, samt korrigerende handlinger, der skal foretages, såfremt aktionsgrænser overskrides.

Udarbejdelsen af HACCP/OPRP planer baseres på flowdiagram risikofaktoranalyser, der omfatter en vurdering af forekomst og koncentrationer af risikofaktorer gennem indvinding, behandling og opbevaring af vand og effekten af styrende foranstaltninger over for de risikofaktorer, der kræves i styring.

Hvorvidt egenkontrollen (foranstaltningerne i basisprogrammer, OPRP'er og CCP'er, deres overvågning og verifikation) fungerer som planlagt, verificeres ved en kombination af:

- Gennemgang og evaluering af overvågningsdata for CCP'er og OPRP'er, herunder verifikation af, at alle planlagte målinger er foretaget og registreret, og at alle korrigerende handlinger og korrektioner er gennemført og afsluttet
- Prøveudtagning til rutinemæssige analyser. Vægtningen mellem henholdsvis kemiske/mikrobiologiske analyser og hurtigmetoder/referencemetoder kan være forskellig fra anlæg til anlæg. Vægten lægges på relativt simple målinger, der så vidt muligt er velkendte (egnet til fx onlinemåling og/eller til driftslaboratorium). Ved uacceptable resultater foretages opfølgende handlinger på fastsatte aktionsgrænser, som kan omfatte gennemførelse af midlertidig supplerende verifikation, indtil problemet er løst. Dette kan også indebære skærpet verifikation af berørte færdigvarer
- Intern audit mindst én gang årligt.

Første version af branchekoden forventes at indeholde følgende umiddelbart anvendelige egenkontrolprogrammer:

- Recirkulering af kølevand til ost
- Recirkulering af vand i CIP systemer
- RO-vand fra valle, mælk & produktskyl kombineret med UV-behandling
- RO-vand fra valle, mælk & produktskyl kombineret med pasteurisering
- ROP-vand med UV-behandling

Der henvises til dispositionen for branchekoden i bilagsrapporten Bilag 3.

3.4 Genbrug af drikkevand

3.4.1 Drikkevandsparametre, der er relevante for vand af drikkevandskvalitet på mejerivirksomheder

De fleste kvalitetsparametre, der er gældende for drikkevand i Danmark, er fastsat som indikatorer for forskellige forureningsrisici og til overvågning af forskelligartede egenskaber. Kombinationen har som sigte, at al drikkevand i princippet er egnet til alle formål.

Krav til drikkevand er defineret i Bilag til drikkevandsbekendtgørelsen, således:

- Hovedbestanddele (Bilag 1a). Drikkevand, der modtages på mejeriet, forudsættes at overholde disse grænseværdier, som i de fleste tilfælde kun er relevante, såfremt indholdet øges i forbindelse med anvendelsen på mejeriet, og/eller hvis der er behov for differentiering til specifikke anvendelser på mejerivirksomheden.
- Uorganiske sporstoffer (Bilag 1b). Disse parametre er fastsat af hensyn til at overvåge grundvandets tilstand og til verificering af afgivelser fra rør, fittings og armaturer på ledningsnettet som følge af korrosion (hvor anvendt materiale ikke er af samme standard som kræves på fødevarer-virksomheder). Drikkevand, der modtages på mejeriet, forudsættes at overholde disse grænseværdier, som kun er relevante, såfremt indholdet øges i forbindelse med anvendelsen på mejeriet.
- Organiske mikroforureninger (Bilag 1c*). Omfatter miljøforureninger og forureninger, der kan fremkomme under behandling på vandværket og fra rør, fittings og armaturer som følge af korrosion. Drikkevand, der modtages på mejeriet, forudsættes at overholde disse grænseværdier, som kun er relevante, såfremt indholdet øges i forbindelse med anvendelsen på mejeriet.
- Mikrobiologiske parametre (Bilag 1d). Omfatter kriterier til forskellige hygiejniske indikatorer målrettet detektion af forurening af forsyningsnettet før tappested

Mange af disse parametre har dog ingen værdi for vurderingen eller opfattelsen af kvaliteten af det vand, der anvendes til de forskellige formål i en mejerivirksomhed. Dette gælder fx:

- Aflejringer i forsyningsnettet: fx pH, calcium,
- Spildevandsforurening: fx kalium, nitrat, fosfor
- Smag: fx sensorik, magnesium, jern, mangan, klorid, sulfat, ilt,
- Sundhed: natrium, nitrat
- Anvendelighed til tøjvask og badning: fx inddampningsrest

I projektet er samtlige parametre vurderet med henblik på vurdering af, hvilke der kan være relevante til måling af vandkvalitet hhv. anvendelige som indikatorer for overvågning af driften af indvindings- og genanvendelsesanlæg på mejerier (Tabel 3-2).

Tabel 3-2 Relevante parametre til måling af vandkvalitet hhv. overvågning på mejerier

Parametre	Vurdering	Anbefalet kriterie og gyldighed
Lugt & smag	Genbrugt vand bør ikke give afsmag til produkter	Anvendelse som ingrediens eller til sluts skyl: Ingen afvigende smag og lugt Andre anvendelser: Ikke relevant
Farvetal	Samme krav som til drikkevand	≤ 15 mg Pt/l. Analysering er normalt ikke nødvendigt.
pH	For lavt pH kan medføre korrosion For højt indhold af calcium (hårdt vand) kan medføre udfældning af kalk	Vand, som kan indeholde syre fra CIP: pH neutralt, ca. 7-8,5
Turbiditet	Værdier ≤ 5 FTU anses af WHO som æstetisk kriterie for vand som handelsvare. Imidlertid kræves ≤ 3 FTU til effektiv UV-behandling Drikkevandskravet er ≤ 1 FTU	≤ 1 FTU ² hvor nødvendigt med meget lav turbiditet (desinfektionsvæsker, sluts skyl m.m.) ≤ 3 FTU hvor vandet skal UV-behandles* ≤ 5 FTU i andre tilfælde* *) <i>Hvor det kan sandsynliggøres, at uklarhed udelukkende skyldes mælkebestanddele</i>
Ledningsevne	Vejledende værdi for drikkevand er minimum 30 mS/m*. Normalt kan det være op til 100 mS/m *) <i>30 mS/m = 300 µS/cm</i>	≤ 300 µS/cm til fødevarekontakt ≤ 1000 µS/cm til andre formål Hvor ledningsevne anvendes som separationsparametre mellem forskelligartede strømme, gælder specifikke grænser
Klorid	Kloridindhold kan forøges under anvendelsen i mejerivirksomheden. Drikkevandskravet er ≤ 250 mg/L. Indhold over 250 mg/L erkendes som en salt smag, men er uden betydning for sundheden. Indhold i mælk er ca. 800-900 mg/L Såfremt kloridindholdet i vandet er >150 ppm, er der risiko for korrosion i rustfrie vandrør	≤ 900 mg/L som ingrediens ≤ 150 mg/L til andre formål
Coliforme	Forekomst i anvendt drikkevand vil skyldes mikrobiologisk kontaminering fra rør m.m. (biofilm) eller fra produktrester.	Ikke påvist i 100 ml som generel hygiejneindikator
E. coli	Kan forekomme i anvendt vand, der har været i kontakt med rå mælk/produkt	Ikke påvist i 10 ml. Testes ved påvisning af coliforme
Totalkim 37 °C	Udtryk for generelt indhold eller opformering af mesofile bakterier, herunder patogener	<20 cfu/ml ved fødevarekontakt, inkl. til sluts skyl <1000 cfu/ml til for- og mellemskyl
Totalkim 22 °C	Udtryk for generel indhold eller opformering af psykrotrofe bakterier	<200 cfu/ml ved oplagring

3.4.2 Overvejelser vedr. risikofaktoranalyse

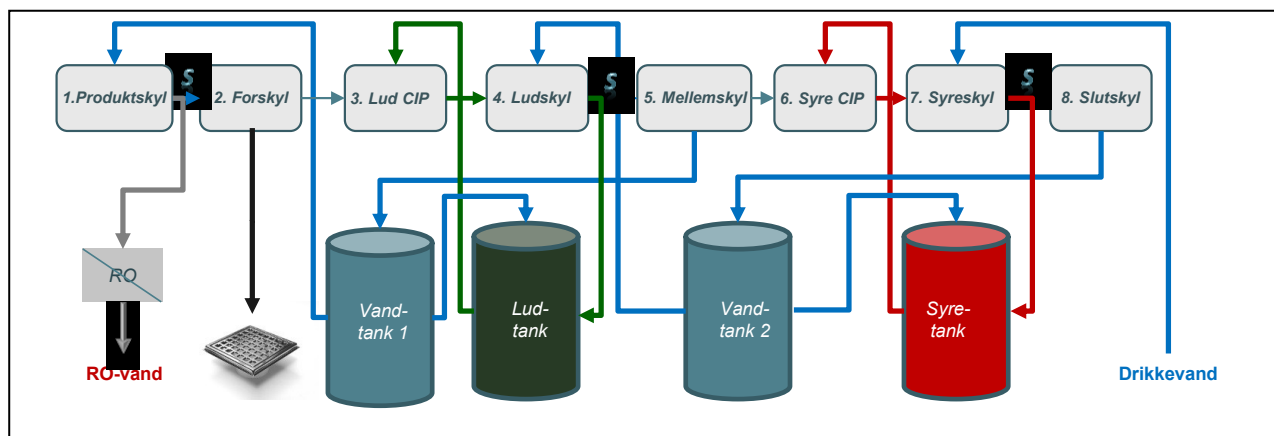
Der skal foreligge en risikoanalyse for risikofaktorer, der - for så vidt angår forekomst såvel som koncentration - måtte blive påvirket under genbrug.

Hvor drikkevand, anvendt til vandnedkøling af ost, efter nedkøling recirculeres til køling af et andet kar ost, er der for eksempel tale om et sluttet kredsløb, hvor materiale overført til kølevand hhv. ost udelukkende består af ostemateriale. Indhold af produktrester som sådan udgør ikke noget problem. Mikrofloraen vil være domineret af starterkulturer fra ostningen. Imidlertid kan fremmede mikroorganismer efterhånden etablere sig, hvis vandet gencirkuleres mange gange uden varmebe-

² FTU (Formazine Turbidity Unit) = FNU (Formazine Nephelometric Unit) = NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

handling, og/eller hvis vandet opbevares for varmt mellem brug. Test for coliforme bakterier kan anvendes som indikator for "fremmede" kim.

Et andet eksempel, hvor vand genbruges til CIP rengøring efter modstrømsprincippet, fremgår af Figur 3-1. De Risikofaktorer, der specifikt er knyttet til dette system er følgende: effektiv sortering mellem de "rene" fraktioner af hhv. produktskub (1), lud (4) og syre (7) og hhv. vand uden disse rester (5, 8) og vand adskilt af blandingsfraktioner (2, 3, og 6). Derudover er der risiko for ophobning af mikroorganismer i lagertanke.



Figur 3-1 Principskitse for modstrøms cirkulering af vandstrømme i et 5-trins rengøringsflow

3.4.3 Potentielle anvendelser af sekundære vandstrømme

Miljølovgivningen giver for nuværende ikke mulighed for godkendelse til opsamling af regnvand fra tage uden for private husholdninger eller opsamling af vand fra vejarealer, terrasser el. lign. En spørgeskemaundersøgelse fra 2014 har vist, at der i enkelte kommuner efterlyses muligheder for, at brugen af regnvand kan udbredes til andre områder, fx i forbindelse med rengøring. Andre kommuner ønsker en indskrænkning af tilladelsen til brug af regnvand, så den kun omfatter områder, der har konkrete problemer med bæredygtig indvinding af grundvandressourcen (Raben & Juhl 2014). Muligheder for anvendelse af disse typer regnvand og andre vandtyper har ikke indgået i dette projekt.

3.5 Risikovurdering af mælkevand

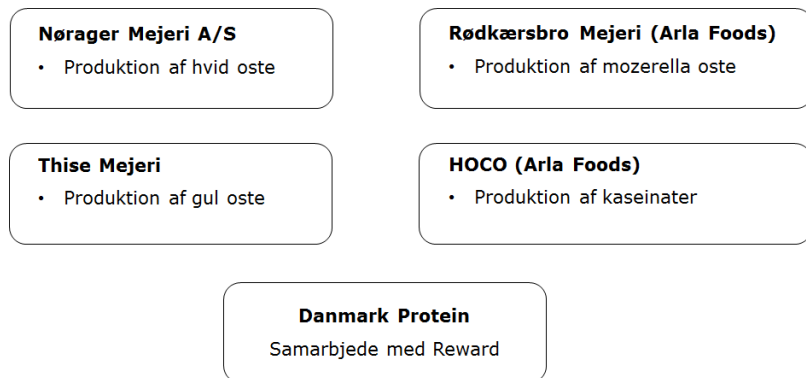
Målet med de undersøgelser, der beskrives i det følgende, har været at etablere et videnskabeligt grundlag for etablering af egenkontrolprogrammer /branchekoder og for behovet for teknologiske barrierer som UV og pasteurisering, som sikrer, at der ikke er fødevaremæssige problemer i forbindelse med anvendelse af mælkevand. Som grundlag herfor er det undersøgt, hvilke typer af bakterier der findes som baggrundsflora i RO-vand, ligesom muligheden for vækst af mikroorganismer i RO-vandet under opbevaring er undersøgt.

Der har været speciel fokus på en eventuel forekomst af patogene bakterier (fx *Listeria*, *Bacillus*, *Salmonella* og E. (VTEC)), som ifølge litteraturundersøgelser kan forekomme sporadisk i mælk, og som i tilfælde af, at hygiejnebarrierer ikke fungerer, kan overføres til den pasteuriserede mælk eller valle enten via procesmiljøet eller fra råmælk. Ligeledes kan der evt. etableres en "husflora" i udstyret, som løbende kan afgives til RO-vandet. En sådan husflora kan også indeholde de bakterier, som introduceres til mejeriet via mælken.

3.5.1 Planlægning af de gennemførte undersøgelser

Projektet Vandeffektive Mejerier har i de gennemførte undersøgelser samarbejdet med et ph.d.-projekt, som blev opbygget af midler fra Vandeffektive Mejerier, Mejeriernes Forskningsfond og DTU samt med REWARD projektet - et projekt, som bl.a. arbejder på kemisk og mikrobiel karakterisering og vækstevnen af tilsatte kulturer af mælkevand fra Danmark Protein.

Samarbejdet har betydet, at der til grund for udarbejdelsen af branchekoden har været udvekslet vækstdata for RO-vandtyper fra 5 mejerier, som har leveret prøver, der er indgået i undersøgelserne.



Figur 3-2 Mejerier, som leverer RO-vand /polishervand (Danmark Protein) til DTU

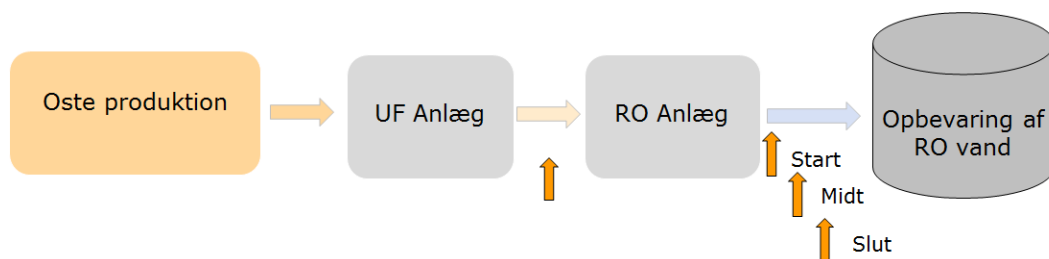
I det følgende beskrives de anvendte metoder og resultater for henholdsvis karakterisering af bakteriefloraen i mælkevand, vækstevnen i RO-vand og af tilsatte kulturer af patogener på RO-vand og polishervand samt vækstevnen i ROP-vand, efter dette har været behandlet med et oxidationsmiddel og UV-lys. Resultaterne af undersøgelserne er anvendt dels til at give en række anbefalinger til kvalitets- og overvågningsparametre, som er relevante for anvendelsen af RO- og ROP-vand på mejerier, og dels til en række overvejelser vedrørende risikofaktoranalyse. Det bemærkes, at arbejdet med karakterisering af bakterieflora og vækstundersøgelser stadig er i gang, og at der derfor i arbejdet med branchevejledningen er anvendt et forsigtighedsprincip med øget kontrol.

3.5.2 Anvendte metoder

Der er anvendt en række analysemetoder til at beskrive forekomst af bakterieflora og vækstevne, som beskrevet i det følgende.

Karakterisering af bakterieflora

Karakterisering af bakterieflora og undersøgelse af vækstevne er foretages på UF-vand (inlet for RO-filtrering) og på RO-vand udtaget i starten af dagen, midt på dagen og ved slutningen af dagen. Analyser af UF-vand er foretaget for at se, om der overhovedet er en bakterieflora til stede før RO, og analyser efter RO for at se, om denne bakterieflora reduceres, og hvilken vækstevne der kunne være, når RO-vandet opbevares.



Figur 3-3 Prøvetagningssteder for mælkevand til mikrobiologisk undersøgelse

Kimtallet er bestemt ved klassisk MPN teknik og ved undersøgelse efter filtrering gennem bakterietætte filtre. Sidstnævnte metode var nødvendig for at bestemme særligt lave kimtal. Der er undersøgt i alt 48 UF-/RO-vandprøver fra Nørager, Rødkjærsgade, Thiese og HOCO over tre dage med 4 prøvetagninger pr. dag pr. mejeri. Kimtallene var generelt lave, men varierede mellem prøvetagningsdage og mejerier.

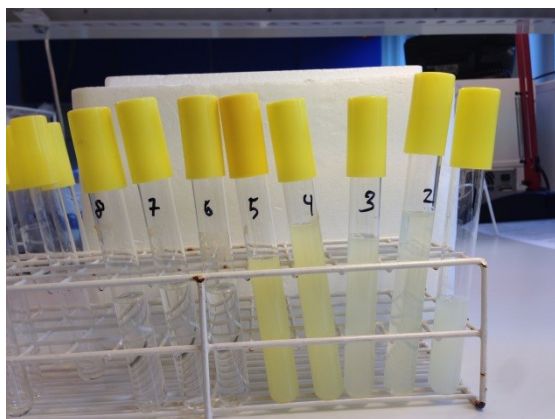
Karakterisering af bakteriearter i UF-/RO-vand

Fra dyrkningsplader inkuberet i op til 7 døgn blev der samlet fra alle fire mejerier udtaget godt 100 isolater baseret på forskellig kolonimorfologi på de enkelte plader. Adskillelse af arter ud fra kolonimorfologi kan være vanskelig, hvorfor der blev foretaget en afvaskning af al kolonimateriale fra 24 plader mhp. senere DNA sekevensbaseret screening for den samlede bakterie-sammensætning. Fordelen ved at undersøge enkeltkolonier er, at der etableres bakterieisolater, som bl.a. kan anvendes til senere vækstforsøg, hvis dette viser sig relevant.

Bakterieisolater blev identificeret med Sanger DNA sekventering. Sammensætningen af bakteriefloren i pladevasken blev bestemt ved MiSeq sekventering af et mindre område af 16S-RNA genet, end der anvendes ved Sanger sekventering. Begge DNA sekvensmetoder kræver forudgående DNA ekstraktion og PCR amplifikation af det relevante segment i 16S-RNA genet, der er forskelligt for de to metoder. Data fra MiSeq sekventeringen mangler stadig at blive analyseret.

Undersøgelse af vækstevne

Indledningsvist blev vækst af den naturligt forekommende flora i RO-vandprøver undersøgt før og efter inkubation ved 21 °C i 5 dage. Alle prøver udviste efter de 5 dage vækst af baggrundsfloraen. Det er ikke undersøgt, hvilke bakterier der dominerer denne vækst.



Figur 3-4 Vækst af baggrundfloraen i RO-vand ved 21 °C i 5 dage

Kemisk karakterisering er foretaget, da sådanne undersøgelser kan danne grundlag for evt. identifikation af kemiske markører for vækstpotentiale. Der blev anvendt kommercielle kits til den kemiske karakterisering:

Lange Cuvette Tests blev anvendt til COD måling (LCK 1414 - COD cuvette test 5-60 mg/L O₂ (Hach Lange, Tyskland). Fosfatbestemmelse blev foretaget med LCK 349 - Phosphate (Ortho/Total cuvette test 0.05-1.5 mg/L PO₄-P (Hach Lange, Tyskland), nitratbestemmelse blev foretaget med (LCK 339 - Nitrate cuvette test 0.23-13.5 mg/L NO₃-N (Hach Lange, Tyskland), total nitrogen blev undersøgt med LCK 138 - Laton Total Nitrogen cuvette test 1-16 mg/L TNb (Hach Lange, Tyskland), og clorid (CK 311 - Chloride cuvette test 1-70 mg/L / 70-1000 mg/L Cl (Hach Lange, Tyskland). Urea blev bestemt med Urea/Ammonia Assay Kit (Rapid) (Megazyme, Irland).

Mikrobiologisk vækstkarakterisering af tilsatte kulturer af patogene bakterier

En passende mængde af optøet RO-vand/polishervand blev sterilfiltreret og podet med stamme-cocktails med 5 stammer af hver bakterie *Listeria*, monocytogenes, *Salmonella* (begge urease negative) og *Klebsiella* (urease positiv). Det totale podeniveau var 104 CFU/ml i cocktailen, der bestod af en lige blanding (2,0 x 103/ml) af hver stamme. Anvendte stammer er vist i Tabel 3. Der er valgt en stammecocktail til forsøgene for bedre at kunne dække diversiteten i bakteriegruppen. Det podede RO-vand blev inkuberet i 7 dage ved 20 °C med kimtællinger undervejs. Indtil nu er der foretaget vækstundersøgelse på RO-vand fra Rødkjærsbro (midt og slut på dagen) og på polishervand fra Danmark Protein med og uden oxidering/UV-behandling.

Undersøgelserne er omfattende og er ikke afsluttet, men fortsætter som en del af ph.d.-studiet. For nærværende kan der præsenteres vækstdata for tilsatte patogene kulturer i RO-vand fra Rødkjærsbro og Danmark protein.

Salmonella:			
MS17266	Dublin	SVS 73231-5	
MS14334	Dublin	SVS 72-13581-1	kalv, organer
MS20842	Typhimurium DT12	giknu/Bülowsvej 7513825-1	kvæg, fæces
MS20844	Typhimurium DT193	giknu/Bülowsvej 7412849-1	kvæg, fæces
MS20858	Bovismorbificans	giknu/Bülowsvej 7414162-1	kvæg, fæces
Klebsiella			
MS262	oxytoca		
MS684	pneumoniae		
MS1349	pneumoniae	LKE Ringsted	
MS1350	pneumoniae	LKE Ringsted	
MS20934	pneumoniae	CCUG225T	
Listeria :			
MS22270	monocytogenes ST391	Ringsted 15049043	svaber,
MS22271	monocytogenes ST16	Ringsted 15087326-1	gravad laks,
MS22272	monocytogenes ST224	Ringsted 14020694-3	rullepølse, Jørn A
MS22263	monocytogenes 4b	EURLLm 12LMOB105LM	
	fåreost		
MS22267	monocytogenes 1/2a	EURLLm 12LMOB118LM	gedeost

Figur 3-5 Salmonella, Klebsiella og Listeria monocytogenes stammer anvendt i pode-cocktails til undersøgelse af disses vækstevne på RO- og ROP-vand

Vækst i RO-vand efter behandling med oxidering og UV-behandling

Der har yderligere været et samarbejde mellem DTU og DHI omkring måling af vækstevne af tilsatte kulturer af patogener i ROP-vand (dobbel RO-behandlet mælkevand eller polishervand), som har undergået en behandling med brintperoxid og UV-behandling. Målet var at se, om det var muligt at fjerne urea og andre kilder til vækst med henblik på yderligere at sikre, at der ikke kommer vækst i RO- eller ROP-vand.

3.5.3 Resultater af undersøgelser af mælkevand

Karakterisering af bakterieflora

I RO-vand fra alle 4 mejerier findes en baggrundsflora med et varierende, men lavt, kimal. Sammensætningen af kimallet varierer mellem mejerier og tyder på, at bakterierne er knyttet til anlægget (husflora) og ikke findes som følge af en løbende mangel i fx pasteuriseringen.

Kimtallene for HOCO (Tabel 3-3) lå generelt et niveau højere end på de tre øvrige mejerier. Kimtallene på Rødkjærsbro er vist som eksempel (Tabel 3-4).

Tabel 3-3 Kimtal i UF-vand og i RO-vand udtaget i starten, midt og slut på dagen fra HO-CO (Bakterier /ml)

			RO inlet	RO outlet start	RO outlet midt	RO outlet slut
Mejeri A	30-jul	MPN	93	0,9	<0,3	<0,3
		filter	-	1,7	1,7	0,4
	08-jan	MPN	930	9,3	<0,3	11000
		Filter/udpladning	2543	1083	141	4550
	15-jan	MPN	43	<0,3	<0,3	0,36
		filter	503	60	152	708
	MPN	Mean	355	274	<0,3	5500
		std dev	498	6		7778
	Filter	Mean	1523	382	98	5500
		std dev	1442	608	84	2448

Tabel 3-4 Kimtal i UF-vand og i RO-vand udtaget i starten, midt og slut på dagen fra Rød-kærsbro Mejeri (Bakterier /ml)

			RO inlet	RO outlet start	RO outlet midt	RO outlet slut
Mejeri B	21-aug	MPN	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
		filter	0,03	1,3	0,2	1
	21-okt	MPN	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
		Filter	0,2	1,7	1,4	1,7
	30-okt	MPN	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
		filter	3	17,75	27,45	33,5
	MPN	Mean				
		std dev				
	Filter	Mean	1	7	10	12
		std dev	2	9	15	19

Udsagn om, at membranerne er mindre effektive sidst på dagen, førte til, at prøvetagningen deltes over dagen. Kimtallene tyder til en vis grad på, at membranerne er mindre effektive sidst på dagen, mens der ikke ses en stigende vækstunderstøttelse sidst på dagen i forhold til midt på dagen (Tabel 3-4).

Baggrundsflora består af både Gram-positive og Gram-negative bakterier. En del af isolaterne tilhører Enterobacteriaceae (Gram-negative) eller er nært beslægtet hermed. Isolaterne afventer biokemisk karakterisering for at være sikker på identifikationen (Tabel 3-5).

Tabel 3-5 Fordeling af mikroorganismer (%) i mælkevand før og efter RO-behandling

Mikroorganismer ^a	Før			Efter		
	Thise	Nørager	Rødkærsbro	Thise	Nørager	Rødkærsbro
<i>Acinetobacter</i>				33	10	
<i>Enterobacteriaceae</i>	100	68		67	60	
<i>Enterococcus</i>						4
<i>Exiguobacterium</i>		4				
<i>Geotrichum^b</i>			67			88
<i>Kocuria</i>					10	4
<i>Lactococcus</i>					15	
<i>Micrococcus</i>					5	
<i>Moraxella</i>		5				
<i>Pseudomonas</i>		5				
<i>Staphylococcus</i>		9	17			4
<i>Streptococcus</i>		8				
<i>Tepidiphilus</i>			16			

^a Baseret på 16S rRNA identifikation af bakterielle isolater isoleret fra mælkevand før og efter RO-behandling på tre mejerier

^b Baseret på 18S rRNA identifikation af gær isolater isoleret fra mælkevand før og efter RO-behandling på tre mejerier

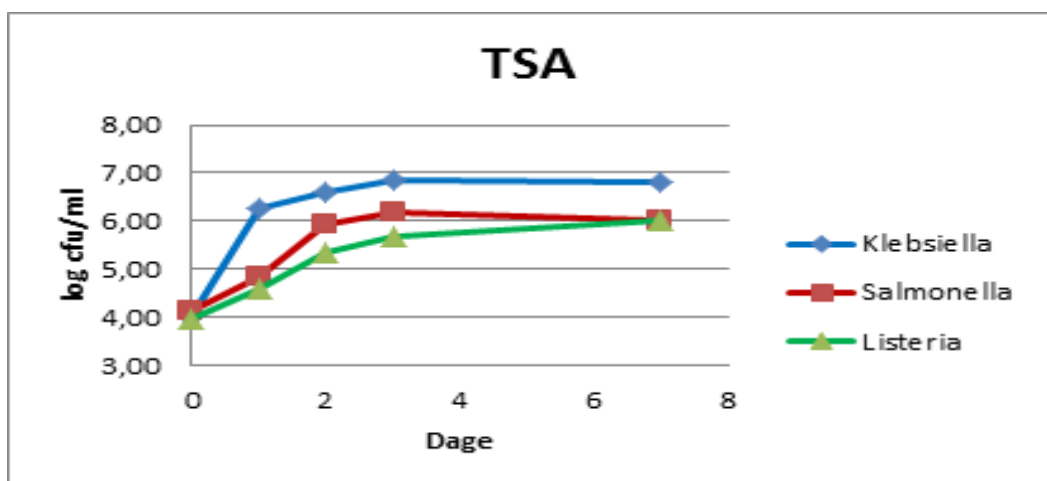
Det bemærkes, at opfølgende artsbestemmelse er nødvendig, inden den endelige identifikation er på plads.

Generelt varierede sammensætningen af bakteriefloraen mellem mejerier, men fælles for mejerierne tyder det på, at bakteriefloraen stammer fra en etablering i anlægget og ikke fra akutte pasteuriseringsforhold.

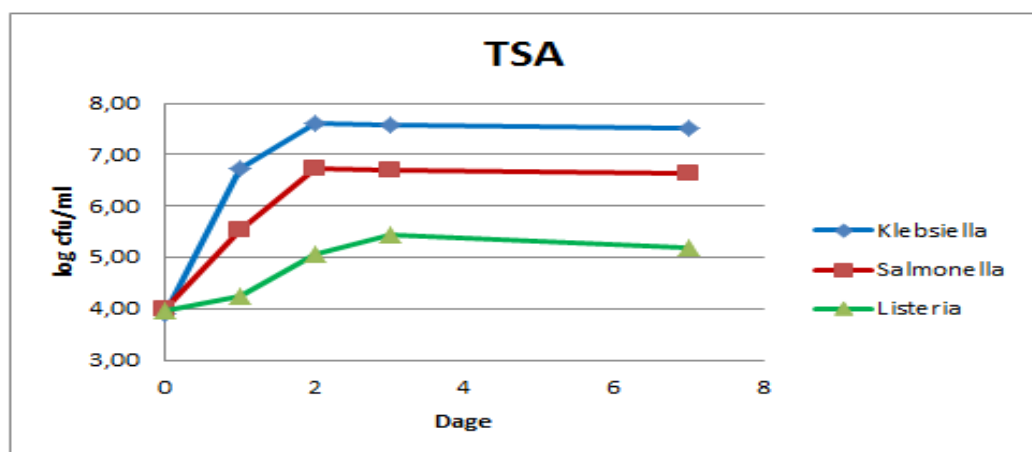
Vækstevne af tilsatte kulturer

RO-vand fra Rødkærsbro Mejeri udtaget midt og sidst på dagen kan understøtte vækst af tilsatte kulturer af *Klebsiella* på 3 log-enheder (1000 gange) over de første 3 dage, hvorefter kimtallet stabiliseres. Tilsatte kulturer af *Listeria* og *Salmonella* vokser mellem ½ og 1 log-enhed (3-10 gange) over det første døgn, mellem 1 og 1½ log-enhed (10-30 gange) over 2 døgn og stabiliseres ved 2 log (100 gange) efter 7 døgn (Figur 4). Der ses omtrent den samme vækst af de tre organismer i RO-vand udtaget sidst på dagen (Figur 5).

Klebsiella er urease-positiv og forventes at vokse, fordi den kan spalte urea og frigøre kulstof til sin vækst. *Klebsiella* indgår derfor som fælles referencebakterie i vækstforsøgene på DTU og i Reward-projektet på KU. *Salmonella* og *Listeria* er urease-negative, og vækst indikerer, at der er andre tilgængelige kulstofkilder i RO-vandet. Det samlede vækstpotentiale er begrænset for alle podekulturer, hvilket indikerer, at næringsgrundlaget er ringe på et eller flere essentielle næringsstoffer.



Figur 3-6 Vækst af tilsatte kulturer af *Klebsiella*, *Listeria monocytogenes* og *Salmonella* på tryptic soya agar ved 20 °C i sterilfiltreret RO-vand udtaget midt på dagen på Rødkjærsbro Mejeri



Figur 3-7 Vækst af tilsatte kulturer af *Klebsiella*, *Listeria monocytogenes* og *Salmonella* på tryptic soya agar ved 20 °C i sterilfiltreret RO-vand udtaget i slutningen af dagen på Rødkjærsbro Mejeri

De foreløbige vækstdata viser en mindre vækstunderstøttelse af tilsatte kulturer af *Salmonella* og *Listeria* i RO-vand, som tyder på, at der er andre kulstofkilder til stede end urea. Over det første døgn vokser tilsatte kulturer af *Salmonella* med ca. 30 fold (5 generationer), mens tilsatte kulturer af *Listeria* over det første døgn kun stiger ca. 2 fold (en deling) i slut-RO-vand fra Rødkjærsbro ved 20 °C.

Når flere data over flere temperaturer kombineret med kemisk karakterisering bliver tilgængelige, vil vækstevne kunne modelleres og prædikteres mere præcist.

Polishervand, der er RO-behandlet 2 gange, understøtter stadig vækst af tilsatte kulturer af *Klebsiella*, mens tilsatte kulturer af *Salmonella* ikke vokser ved 20 °C over 7 døgn. Disse data på tilsatte kulturer af *Salmonella* er overensstemmende med data for vækst af tilsatte kulturer *Listeria* i polishervand fundet ved undersøgelser på KU. De tilsatte kulturer af *Klebsiella* viser stadig vækstevne i polishervandet og med tanke på, at urease-positive *Enterobacteriaceae* ikke kan udelukkes at forekomme i RO-vandet, er det vigtigt, at hygiejnebarriererne også kontrollerer sådanne organismer.

Tabel 3-6 Kemisk karakterisering af RO-vand og polishervand fra to mejerier foretaget af DTU

Kemisk karakterisering						
	Rødkjærsbro				Videbæk	
	UF	RO (start)	RO (midt)	RO (slut)	Polisher Feed	Polisher UV
COD (mg/L)	34880	173,6	55,2	46,25	8,79	14,42
Fosfat (mg/L)	298	1,11	0,452	0,373	<0,05	<0,05
Nitrat (mg/L)	4,4	0,53	0,46	0,31	<0,23	0,78
Total-N (mg/L)	375	36,1	42	47,2	27,6	28,5
Klorid (mg/L)	773	18,2	21	23,93	16,9	29,4
Urea (mg/L)	142,7	70,9	79,1	93,4	72,2	67,5

Generelt fandtes de største forskelle i de biokemiske karakteristika mellem UF-vand, RO-vand og polishervand og ikke inden for vandtypen (Tabel 3-6). Alle parametre var markant højere i UF-vandet. Der fandtes for eksempel en COD-værdi på 34880 for UF-vandet, men den var omkring 100 -1000 gange lavere i RO-vand og polishervand. COD værdien var noget højere i RO-vand end i dobbeltbehandlet RO-vand (polishervand).

DTU kunne ikke måle en forskel i COD mellem det ubehandlede polishervand og det oxiderede polishervand (Polisher UV, Tabel 3.6), hvilket er overraskende, da kulstof skulle bort-oxideres. DHI-Aarhus gennemførte en Total Organic Carbon (TOC) analyse og kunne se et fald på 20-25 %. Forklaringen på det manglende fald i COD kan formodentlig tilskrives, at ammoniak fra urea måles i COD tallet.

Der fandtes ikke store forskelle i ureakonzentrationen på tværs af filtreringsmetoderne, hvilket tilskrives, at urea er uløst og ikke kan filtreres fra i membranerne. Det var forventet, at ureakonzentrationen skulle være lavere i det oxiderede polishervand, og DHI fandt da også en reduktion i ureakonzentrationen på op mod 50%. Dette tyder på, at DTUs måling af urea kan være fejlbehæftet.

Vækst i ROP-vand efter behandling med oxidering og UV-behandling

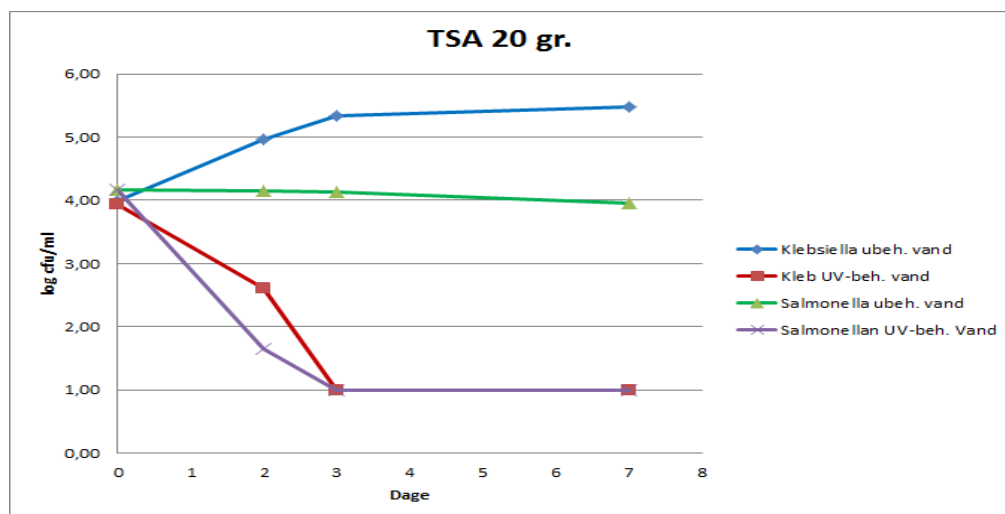
Oxidering og UV-behandling af polishervand har i få prøver vist inaktivering ≥ 1000 fold af både *Salmonella* og *Klebsiella* over 3 dage ved 20 °C. Denne metode har potentiale, fordi en reduktion af næringspuljen eller dannelsen af en bakteriocid komponent giver en mere robust sikkerhed mod vækst, bl.a. fordi der finder betydelig inaktivering sted. Opfølgende undersøgelser er nødvendige for at afklare årsagen til inaktiveringen.

Data for kemisk karakterisering og vækst udveksles mellem DTU og KU og indgår i en analyse af sammenhæng mellem vækstrater og kemiske parametre mhp. at udpege egnede markører til monitorering af RO-vandet. Udpegnings af kemiske kriterier for prediktion af vækstunderstøttelse vil kunne indgå i HACCP planer og vil være en del af udbytte for REWARD projektet.

I det ubehandlede polishervand fandtes et fald i væksten på $1\frac{1}{2}$ log (30 gange) over 7 dage for *Klebsiella*, hvilket tyder på et fald i næringsindholdet i forhold til RO-vandet fra Rødkjærsbro. En reduceret næringværdi i polishervandet understøttes af, at der nu ikke ses vækst af *Salmonella* over 7 dage (Figur 3-8).

I det oxiderede/UV-behandlede vand ses der interessant en inaktivering af både *Klebsiella* og *Salmonella*; begge faldet til under detektionsgrænsen (1000 gange) over tre dage. En forklaring kan være, at et fald i den tilgængelige næring som følge af behandlingen af polishervandet medfører kritisk næringsstress, der fører til henfald af bakterien. Men der kan også være tale om, at der dannes en bakteriocid komponent i vandet.

En lavere temperatur end 20 °C vil stille mindre krav til bakterien om at vokse, hvilket kan medføre en mindre inaktivering. Kommende forsøg må vise dette.



Figur 3-8 Vækst af tilsatte kulturer af *Klebsiella* og *Salmonella* på tryptic soya agar ved 20 °C i sterilfiltreret UV-behandlet/oxideret polishervand (2 x RO-behandling) fra Videbæk mejeri

3.5.4 Kvalitets- og overvågningsparametre, der er relevante for RO-vand på mejerivirksomheder

Som en fødevarer må RO-/ROP-vand, der anvendes til forarbejdning eller som ingrediens, ikke anvendes, "hvis de vides eller med rimelighed kan formodes at være så forurenede med parasitter, patogene mikroorganismer, giftige stoffer eller fremmedlegemer, at den færdige fødevarer bliver uegnet til konsum" (Hygiejneforordningen, Bilag II, Kapitel IX, pkt. 1).

De parametre, der er relevante til at definere kvaliteten, er derfor udvalgt på grundlag af vandets kemiske og mikrobiologiske karakteristika, drikkevandskravene, praktisk erfaring i hygiejnestyring og risikovurderinger.

Imidlertid er det igangværende videnskabelige arbejde endnu ikke tilendebragt. I tilrettelæggelsen af egenkontrollen, herunder også den egenkontrol, der anbefales i branchekoden, er det derfor nødvendigt pt. at anvende et forsigtighedsprincip, der mere er baseret på drikkevandskrav og praktisk erfaring i hygiejnestyring end på risikovurdering, således at der tages højde for usikkerhederne vedrørende bakteriesammensætningen. Resultaterne af det videre projektarbejde på DTU og under projekterne REWARD og DRIP vil med tiden tilvejebringe yderligere viden, der kan understøtte en mere målrettet styring af konkrete risikofaktorer, herunder alternative behandlinger, opbevaringstider og anvendelser.

I branchekoden er det anbefalet, at konkrete anvendelser og opbevaringsprocedurer vurderes, for så vidt angår behovet for systematisk bacteriocid behandling og/eller begrænsning til anvendelse i produktionen af færdigvarer, der ikke understøtter videre vækst. Selv om det ikke er sikkert, at der rent faktisk er sygdomsfremkaldende bakterier i RO-vandet, er der konkret peget på et behov for at behandle RO-vand ved pasteurisering eller UV-lys, og at anlæg, som indeholder RO-vand, skal kunne rengøres ved CIP behandling ligesom det øvrige produktionsanlæg, der håndterer fødevarer.

Det bør også overvejes, om RO-anlæg til udvinding af RO-vand, der anvendes til formål, hvor indhold af patogener er af væsentlig betydning for færdigvarenes sikkerhed, regelmæssigt bør checkes for etableret bakterieflora, og evt. kan det vurderes, om RO-vandet i yderpunkterne af dagen måske ikke genanvendes? Det bemærkes, at baggrundsfloraen i polishervand fra Danmark protein er ikke undersøgt pt.

Det forsigtighedsprincip, der anlægges i den første version af branchekoden, vil baseres på følgende principper:

- RO-vand, der anvendes i direkte kontakt med mælkeprodukter (fx sluts skyl, afkøling af ost, tilsætning til ostekorn) anvendes frisk (samme dag) eller behandles med baktericid behandling (UV/varme)
- Væsentligste parametre for drikkevand indgår, dog indgår grænserne i et mikrobiologisk kriterium

Det anbefales, at målingerne til vurdering af vandkvaliteten, der er angivet i Tabel 3-2, suppleres med udvalgte sygdomsfremkaldende bakterier som *Listeria monocytogenes* og *Bacillus* (Tabel 3-7). Det fremtidige projektarbejde omkring de mikrobiologiske forhold i RO-vand vil afklare, om der er behov for at udvide listen i Tabel 3-7 med andre specifikke sygdomsfremkaldende bakterier.

Tabel 3-7 Relevante sygdomsfremkaldende bakterier, der kan inddrages til måling af kvalitet af vand af RO-kvalitet hhv. overvågning på mejerier. Parametrene supplerer parametrene angivet i Tabel 3-2.

Parametre	Vurdering	Anbefalet kriterie og gyldighed
B. cereus	B. cereus sporer kan overleve varmebehandling af mælk. Sporerne er hydrofobe og kan klæbe til udstyrsoverflader, hvor de resporulerer	Vegetative celler & sporer: <1 cfu/ml
L. monocytogenes	Anvendt vand må ikke kunne forurene produkter eller kunne spredes med vand i udstyr og procesmiljøet.	Ikke påvist i 25 ml

3.5.5 Overvejelser vedr. risikofaktoranalyse

De hidtidige resultater af arbejdet viser, at RO-vand er karakteriseret af et lavt kimtal, hvor sammensætningen er knyttet til anlægget (husflora), hvoraf nogle skal undersøges nærmere for evt. human risiko (dette er dog ikke påvist). Restindhold af urea og andet organisk materiale er til stede i tilstrækkelige mængder til at understøtte vækst af en række af de pågældende arter. Opbevarings-temperaturen spiller ind på vækstpotentiale såvel som på overlevelse i RO-vandet.

Egenkontrollen vil derfor være koncentreret om at:

- Minimere vækstunderstøttende organisk materiale, fx overvågning af tæthed af RO-membraner
- Modvirke, at indholdet af mikroorganismer overskrider uacceptable niveauer, fx baktericid behandling og/eller fastlagt maksimum holdbarhed
- Modvirke opbygning af biofilm, fx max. driftstid
- Dokumentere driftsikkerheden af baktericide behandlinger, fx (i) for pasteurisering en automatisk temperaturregistrering af pasteurisering og fungerende omslagsventil og (ii) for UV-behandling minimum UV-dosis og forebyggelse af lufttilblanding
- Dokumentere fødevarerens sikkerheden af baktericide behandlinger, fx glasalarm med automatisk omslagsventil til omløb
- Verificere den overordnede drift gennem mikrobielle målinger

3.6 Best available Technologies for mejerier - deltagelse i BREF arbejdsgruppe

Landbrug & Fødevarer har deltaget i en række forberedende møder med Miljøstyrelsen med henblik på at forberede dansk input til EU-Kommissionens tekniske arbejdsgruppe for BREF for Fødevarer, Drikkevarer, Mælk og Foder, ligesom Landbrug & Fødevarer har deltaget i EU-Kommissionens BREF arbejdsgruppe. Et væsentligt element i dette arbejde har været at presse på, for at kommende grænseværdier for indhold af stoffer i mejerispildevand (fx COD, N og P) ikke bliver en barriere for vandbesparelser. Dette aspekt vurderes som særligt vigtigt i forhold til at få BREF standarden til at understøtte størst mulige vandbesparelser i mejerisektoren.

Et vigtigt punkt for revisionen af BREF er indsamling af data, som skal bruges til at fastsætte de kommende grænseværdier og krav. Dataindsamlingen startede i begyndelse af 2015 og har været meget omfattende. I forbindelse med dataindsamlingen har Kommissionen været på besøg og er blevet vist rundt på danske produktionssites for at få et indtryk af den danske produktion. Projektet har inden for den tidsmæssige ramme understøttet aktiviteter for de mejerier, som er omfattet af BREF kravene.

Status på BREF arbejdet ved projektets afslutning er, at data er videresendt til Kommissionen, og at de er ved at blive valideret. Derefter afventes udkast til ny BREF, som forventes offentliggjort i 2017. Landbrug & Fødevarer vil arbejde videre med denne fase efter dette projekts afslutning, herunder med henblik på at sikre, at eventuelle barrierer for genanvendelse af vand fjernes.

4. Vejen mod mere vandeffektive mejerier

I løbet af projektet er der gennemført en række projekter hos de deltagende mejerier, hvor vandbesparelser er dokumenteret/estimeret. Disse besparelser er i det følgende anvendt til at beregne den aktuelle samlede besparelse hos de deltagende mejerier. Herudover er vandbesparelsen skønnet, hvis de dokumenterede løsninger og branchekodens nye muligheder implementeres i den samlede danske mejeribranche. Slutteligt er det vurderet, hvor langt man med projektet er kommet hen imod et vandløst mejeri, og hvad der yderligere skal til for at realisere dette mål.

4.1 Den samlede vandbesparelse hos de deltagende mejerier

Den samlede vandbesparelse hos de deltagende mejerier baserer sig på projektkataloget i Appendix A og på sammenstillingen i Tabel 4-1. Der er ved beregningen ikke taget hensyn til, om der har været tale om en lang eller kort tilbagebetalingstid, men alene på den samlede vandbesparelse.

På basis af scenarieanalyser og vurdering af disse og mulighederne i udkastet til branchekoden er der udvalgt en række konkrete teknologiudviklingsprojekter hos de deltagende mejerier. Alle projekter er gennemført i fuld skala - d.v.s. at mejerierne har installeret teknologierne og afprøvet deres driftssikkerhed, de konkrete besparelser af vand, energi og arbejdstid samt dokumenteret, at der ikke er problemer med anvendelse af teknologierne i forhold til normal drift af mejerierne og produktion af produkter. Selve investeringen er finansieret af mejerierne selv, men disse har modtaget en vis medfinansiering til investeringen fra projektet. Centrale oplysninger om de gennemførte projekter, herunder den dokumenterede vandbesparelse og værdien af denne besparelse, fremgår af (Tabel 4-1). Detaljer om de enkelte projekter og dokumentationen fremgår af Appendix A.

Tabel 4-1 Oversigt over Vandeffektive Mejeriers udviklingsprojekter, deres økonomi og dokumenterede vandbesparelse og værdi af besparelser (vandpris er samlet pris for vandforsyning og spildevandsafledning).

Projektnr. og titel Delprojektitel		Delta- gende Mejeri	Øvrige deltagere	Projektom- kostninger (DKK)	Dokumenteret Vandbesparelse og øvrige bespa- relser i m ³ /år (se Appen- dix A)	Vandbespa- relse i % af totalforbrug	Værdi af vandbe- sparelse og øvrige besparelser i kr./år
1	Smart integration og formidling af vandmålerdata	Thise	Kamstrup, DHI	246.953	Estimeret 6.950	Estimeret 5 %	173.750 ved 25 kr./m ³ samt bespa- relser i arbejdstid på 200.000 til 300.000 kr
2	Konstant flow- ventil til styring af flow til pakkåser på pumper	Thise	ÅF A/S, DHI	41.140	1150	1,2% af total vandforbrug per UF anlæg	28.750 kr. ved en vandpris på 25 kr./m ³
3	Automatisering og optimering af CIP	Them	Mogren Au2mate Smede- virksom- hed	1.316.583	5400 m ³ /år	6,9% af totalt vandforbrug	216.000 kr. ved vandpris på 40 kr./m ³
4	RO- vand genan- vendt til kølekondensa- tor	Arla Taulov	Ecolab	Investering foretaget i 2013, forsøg i 2015- 16	36.000	4,7% af total- forbrug (2015)	720.000 kr. ved vandpris på 20kr./m ³
5	RO- vand til slut- skyl på CIP 10	Arla Taulov	Ecolab, NALCO	524.995	32.400	4,3% af total vandforbrug	648.000 kr. ved vandpris på 20 kr./m ³
6	RO-vand som slutskyl CIP 4, kølevandspasteur og formvaskere	Arla Taulov	Ecolab	423.634	77.400	10,2% af total forbrug af vand (2015)	1.548.000 kr. ved vandpris på 20 kr./m ³
7	Anvendelse af Bioboostervand til kølekondensa- tor	Arla Rød- kærsbro	Ecolab NALCO	1.967.433 /forudsætter at der er etableret et biobooster- anlæg	50.000	9% af totalfor- brug	300.000 kr. ved en vandpris på 6 kr./m ³
8	Genbrug af vand til køling af pum- per	Them	Them, Domerit	579.940	5000 m ³ /år	6,4% af totalt vandforbrug	200.000 kr. ved en vandpris på 40 kr./m ³
9	Udskyl/CIP på UF	Nørager	Novadan, smede- firma, Nørager	95.000	3.500 m ³ /år	4,5% af vand- forbrug	110.000 kr. ved en vandpris på 23 kr./m ³
10	Udskyl/CIP på UF 1	Nørager	Nørager	67.754	1500 m ³ /år	Indeholdt i projekt 9	Indeholdt i projekt 9
11	Biobooster per- formance test – Vimmerby- pilotforsøg	Grund- fos	Arla Vim- merby	Grundfos og Arla	Potentiale på 150- 180 m ³ /dag		
12	Genbrug af mel- lem- og slutskyl på CIP	Thise	Thise DHI Aquatic Food Factory	1.050.000	Estimeret 14.500	10,4% af totalt vandforbrug	362.500 ved en vandpris på 25 kr./m ³
13	Pladekøler i stedet for skrabe- køler	Thise	SPX	453.949	1350	1% af totalt vandforbrug	Vandbesparelse værdi 33.750 kr. ved vandpris på 25 kr./m ³ Energibesparelse 73.000 kWh pr. år, 75.000 kr. besparel- se på vedligehold
14	RO-vand til an- vendelse som teknisk vand- ringledning	Thise	Thise DHI Aquatic Food Factory	951.749	Estimeret 22.650	16,3% af samlet vandforbrug	566.250 kr. ved en vandpris på 25 kr./m ³

Den samlede dokumenterede/estimerede vandbesparelse for de projekter, der er gennemført (uden pilotprojektet hos Vimmerby), er ca. 200.000- 250.000 m³/år. I forhold til det samlede vandforbrug på ca. 1.600.000 m³/år i de deltagende mejerier udgør dette en gennemsnitlig besparelse på ca. 15%. Dette dækker dog over meget store forskelle i de enkelte mejerier, hvor besparelsen er fra ca. 4 til 40-50% afhængigt af, hvilke projekter der er gennemført. De store besparelser findes hos de mejerier, der har gennemført de største investeringer og den bredeste palet af mulige genanvendelser. Disse mejerier har genanvendt RO-permeat og optimeret CIP processen ved anvendelse af slut og mellemskyl. Værdien af samlede vandbesparelser for mejerierne er med de aktuelle vandpriser opgjort til 4,9 millioner kr. pr. år. Medregnes også besparelser i energiforbrug og arbejdstidsbesparelser, er den samlede besparelse i størrelsesordenen 6 millioner kr. pr. år. Denne besparelse skal ses i sammenhæng med en skønnet investering i størrelsesordenen 8-9 millioner.

Besparelsen på de 15% i gennemsnit er således ikke et udtryk for, at de involverede mejerier har gennemført alle de mulige besparelser, der knytter sig til de identificerede teknologiske løsninger og muligheder i branchekoden. I det følgende afsnit er det forsøgt at beregne en mulig vandbesparelse, hvis danske mejerier anvender den fulde palet af teknologiske muligheder og mulighederne i branchekoden.

4.2 Skønnede besparelser i branchen ved anvendelse af de dokumenterede teknologiske løsninger og branchekodens muligheder

De skønnede besparelser i branchen baserer sig på en række antagelser:

- At branchekodens nye muligheder vil blive udnyttet fuldt ud af danske mejerier
- At konsummejerier, ostemejerier vil gennemføre investeringer i vandbesparelser med de afprøvede teknologier, som har en tilbagebetalingstid på mindre end to år. Med hensyn til produktion af mælkepulver og ingredienser er der alene foretaget pilotforsøg på Arla Vimmerby med anvendelse til teknisk vand
- At de opnåede/estimerede vandbesparelser kan ekstrapoleres fra de deltagende mejerier til branchen bredt
- At vandforbruget pr. indvejet mælkemængde er baseret på data fra projektet samt internationale data (Salimeh and Lewis, 2014)
- At beregningen kan baseres på en ekstrapolation baseret på produktionsdata fra den danske mejerisektor, som angivet i Landbrug & Fødevarers statistik for mejeribranchen 2016.

Total tal for indvejet mælk i Danmark i 2015 var 5,3 millioner ton.

Af den indvejede mælkemængde anvendtes:

- 53% til ost, svarende til 2,8 millioner ton mælk indvejet
- 15 % til konsummælk og 6% til øvrige, svarende til 1,1 million ton mælk indvejet
- 26% mælkekonserves, svarende til 1,4 millioner ton mælk indvejet

Skønnet vandbesparelspotentiale ved **osteproduktion**:

- Indvejet mælkemængde: 2,8 millioner ton mælk pr. år
- Vandforbrug til osteproduktion: 1,1 m³ vand pr. ton indvejet mælk
- Vandforbrug: 3,1 millioner m³/år
- Skønnet vandbesparelspotentiale ved 30-50%: 1 til 1,5 millioner m³/år

Skønnet vandbesparelspotentiale ved **konsummælk- og mælkeproduktproduktion**:

- Indvejet mælkemængde: 1,1 millioner ton mælk pr. år
- Vandforbrug til konsummælk og mælkeprodukter: 1,2 m³ vand pr. ton indvejet mælk
- Vandforbrug: 1,3 millioner m³/år
- Skønnet vandbesparelspotentiale ved 15-20%: 0,2 til 0,3 millioner m³/år

Skønnet vandbesparelspotentiale ved **mælkepulver produktion**:

- Indvejet mælkemængde: 1,4 millioner ton mælk pr. år
- Vandforbrug til mælkepulverproduktion: 1,0 m³ vand pr. ton indvejet mælk (HOCO 2012)
- Vandforbrug i alt ved mælkepulverproduktion: 1,4 millioner m³/år
- Skønnet vandbesparelspotentiale: 20-30% (idet mælkepulverproduktion i Danmark allerede har indført en række teknologier til vandbesparelse). Besparelse på 0,3 til 0,4 millioner m³/år

Det skønnede samlede vandbesparelspotentiale inden for mejerisektoren i Danmark er således: 1,5 til 2,2 millioner m³ vand/år eller 7 til 9 gange større end det, der er realiseret ved de gennemførte projekter.

4.3 Vejen mod det vandløse mejeri

Med den nye branchekode og de dokumenterede teknologier har projektet også bragt sektoren tættere på en situation, hvor især mælkepulver og ostemejerier kan blive vandløse - altså drives uden eller med en meget begrænset tilførsel af rent drikkevand. En sådan løsning kan baseres på:

- Generelt forbedret vandeffektivitet tilvejebragt ved øget dokumentation og visualisering af decentralt vandforbrug og generel optimering i alle processer ved minimering af spild, forbedret husholdning mv.
- Eliminering af vandforbrug til pakdåser ved etablering af lukkede vandkredsløb omkring disse
- Øget produktion og genbrug af mælkevand (RO-permeat)
- Etablering af dobbelt genbrug af skyllevand i CIP processer (slutskyl ->ml. skyl ->1. skyl)
- Sidste mængde udskylsvand på membrananlæg (særligt UF) opsamles og genanvendes som første udskyl

På basis af resultaterne fra Thise og Taulov skønnes disse løsninger at kunne reducere vandforbruget med 40-50% på mejerier, som ikke tidligere har gennemført nogle vandbesparelser. De hidtidige erfaringer fra Thise peger imidlertid på en noget mindre besparelse. Dette skal dog ses i sammenhæng med, at de installerede anlæg stadig er under indkøring.

Hvis der skal ske yderligere besparelser, skal overskydende vand fx renses i en membranbioreaktor og demineraliseres, som det er sket på Rødkærsbro, til genbrug i forsyningsfunktioner – køletårne og kedler - og endelig skal det resterende spildevand renses og eventuelt genanvendes, som det er afprøvet i pilotskala på Vimmerby. Et sådan koncept vil blive undersøgt nærmere i det igangværende DRIP partnerskab. Det bemærkes, at disse yderligere besparelser ofte vil kræve store investeringer og længere tilbagebetalingstider end dem, som kan føre til en 40-50% besparelse.

5. Forretningsgørelse, vækst og eksport knyttet til øget vandeffektivitet

5.1 Er det en god forretning at øge vandeffektiviteten?

De foregående afsnit har dokumenteret, at der er muligheder for teknologisk, reguleringsmæssigt og fødevaremæssigt sikkert at øge vandeffektiviteten - også i ostemejerier og i mejerier, som producerer flere typer af mejeriprodukter.

De følgende afsnit ser på typiske tilbagebetalingstider for de investeringer, som er nødvendige for mejerierne for at øge vandeffektiviteten. Der ses også på, om mejerierne og andre med kendskab til sektoren vil forvente, at aftagere og forbrugere af mejeriprodukter vil reagere på, at vandeffektiviteten øges (ikke lovmæssigt bundne barrierer). Der ses ligeledes på, hvordan ledelserne i mejerier prioriterer investeringer i øget vandeffektivitet i forhold til andre investeringer, samt på eksempler på, hvordan øget information om teknologiske løsninger og ledelsessystemer hos mejerierne kan være med til at fremme investeringer i vandeffektivitet. Til slut ses der på, om det kan forventes, at mulighederne for at øge vandeffektiviteten med demonstrerede teknologier i Danmark også vil øge vækst og eksportmuligheder uden for Danmark.

5.2 Business cases for de gennemførte teknologiprojekter

Gennemførelsen af udviklings- og demonstrationsprojekterne i Vandeffektive Mejerier har også givet mulighed for at beregne tilbagebetalingstider for investeringerne afholdt til projekterne. Tabel 2.2 opsummerede disse opgørelser baseret på mejeriernes ansøgning om medfinansiering til projekterne og DHI's dokumentation af, at projekterne er gennemført og har medført besparelser på udgifter til vandforsyning, spildevandsafledning samt eventuelle besparelser til energi og på arbejdskraft.

En simpel beregning af tilbagebetalingstiden for investeringen (investering/værdi af vandbesparelsen pr. år) viser tilbagebetalingstider fra 3 måneder op til 6 år. Tilbagebetalingstiden varierer, fordi værdien af vandbesparelsen også varierer, da nogle mejerier har egen vandforsyning og eget spildevandsrensingsanlæg, som det fremgår af tabel 4.1.

5.3 Kort om forretningsgørelse

Forretningsmodeller handler grundlæggende om, hvordan virksomheden skaber værdi for ejerne, kunderne, leverandørerne og andre interessenter³. Litteraturen om forretningsmodeller dukkede op i forbindelse med dot.com boomet i 1990'erne, hvor en række nye, onlinebaserede entreprenører begyndte at true de etablerede spillere på markedet. Litteraturen om forretningsmodeller voksede dog hurtigt ud af IT-sektoren og er i dag blevet en bredt accepteret metafor til at beskrive en virksomheds overordnede infrastruktur/arkitektur. Forretningsmodeller er blevet et fælles sprog for konsulenter, virksomheder og forskere, som analyserer, hvordan en organisation skaber værdi for sig selv og andre. Selvom litteraturen om forretningsmodeller er under konstant udvikling, har specielt Alexander Osterwalder og Yves Pigneur's (2010) "business model canvas" vundet indpas som en populær illustration af organisationens hovedkomponenter: nøgleressourcer, kerneaktiviteter,

³ Teece, D. J., 2010. Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning* 43(2-3), 172-194.

samarbejdspartnere, værditilbud, kundesegmenter og -relationer, afsætningskanaler samt omkostnings- og afsætningsstruktur⁴.

5.4 Indledende kortlægning af mejeriernes modeller for forretningsgørelse

Med udgangspunkt i Mejeriforeningens medlemsliste er der blevet lavet en indledende kortlægning af danske mejeriers forretningsmodeller. Formålet har været at få et hurtigt overblik over det danske 'mejeriunivers' og de dominerende produktgrupper, markeder etc. Det drejer sig bl.a. om følgende mejerikategorier:

- *De store spillere.* Kendetegnet ved at være virksomheder, der producerer en større mængde produkter til mainstream-markedet gennem store detailkæder
- *De lokale.* Kendetegnet ved at have en stærk lokal tilknytning og primært sælge deres produkter gennem egne salgssteder eller lokale butikker
- *De specialiserede.* Kendetegnet ved små og store virksomheder, som sælger specialiserede produkter til indland og/eller udland

I det omfang det er muligt, er der også indsamlet information om mejeriernes vandindsats. Det er dog ikke alle mejerier, der har eksplicit fokus på vandforbrug og vandreduktion. Nogle mejerier har ingen information om deres vandindsats, mens andre primært fremhæver andre bæredygtighedsinitiativer i deres kommunikation, fx lokal produktion og økologi.

5.5 Workshops om forretningsmodeller i mejeribranchen

Partnerskabet for Vandeffektive Mejerier besøgte i 2014 og 2015 Roskilde Festivalen til workshops om forretningsmodeller, bæredygtighed og vandeffektivitet. Anledningen opstod, da én af partnerskabets deltagere, Copenhagen Business School, samarbejder med Roskilde Festivalen om et forskningsprojekt vedrørende bæredygtige forretningsmuligheder (www.riofilroskilde.dk). Arrangementet i 2015 havde også deltagelse af medlemmer fra DRIP programmet m.fl. og var støttet af Grundfos Fonden.

Formålet med de to workshops var at diskutere barrierer og muligheder for bæredygtig forretningsgørelse på vandområdet og diskutere, hvordan disse kunne bringes i anvendelse. Desuden blev de to workshops brugt til at diskutere form og indhold af spørgeskemaundersøgelsen blandt mejerierne om forretningsgørelse og indsats på vandområdet (se næste afsnit). I 2014 gav workshoppenes deltagere værdifulde input til designet af spørgeskemaundersøgelsen, bl.a. udvælgelsen af respondenter. I 2015 gav diskussionerne anledning til en revision af spørgeskema-designet. Nogle spørgsmål blev slettet, mens andre blev tilføjet. De to workshops var således med til at højne den forskningsmæssige kvalitet af undersøgelserne.

5.6 Design af spørgeskemaundersøgelse

Spørgeskemaundersøgelsen kortlagde, i hvilket omfang spørgsmål om vand- og ressourceeffektivitet hænger sammen med mejeriernes overordnede strategiske fokus og forretningsmodel. I formuleringen af spørgsmålene blev der hentet inspiration fra eksisterende målingsmetoder inden for den akademiske litteratur. Spørgeskemaundersøgelsens logik er præsenteret i Figur 5-1.

⁴ Osterwalder, A., Pigneur, Y. 2010. *Business Model Generation*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken New Jersey.



Figur 5-1 Illustration af spørgeskemaets logik

Designet af spørgeskemaundersøgelsen var ikke uden praktiske udfordringer. Mejerisektoren i Danmark er lille og domineret af én enkelt aktør, Arla. For at sikre et acceptabelt antal respondenter blev det derfor nødvendigt at udvide spørgeskemaundersøgelsen til også at omfatte en række andre brancher og lande. Udvidelsen af respondentgruppen gav til gengæld gode muligheder for at styrke den komparative dimension af analysen.

5.7 Gennemførelse af spørgeskemaundersøgelse

En ekstern dataleverandør, Norstat, stod for den praktiske gennemførelse af spørgeskemaundersøgelsen, der blev gennemført i England, Danmark, Tyskland, Holland, Frankrig Spanien og Italien. Landevalget skyldes ønsket om at sikre bred europæisk repræsentation og inkludere lande med forskellige grader af "water stress".

Den første dataindsamling foregik i foråret 2015. Efter en række tilpasninger blev spørgeskemaundersøgelsen udvidet i efteråret 2015. Dataindsamlingen i efteråret 2015 var støttet af DRIP Programmet (www.drippartnership.dk). Tilsammen blev der indsamlet svar fra i alt 497 europæiske fødevarevirksomheder (mejerier, bryggerier og slagterier). Da der skete en revision af spørgeskemaet mellem første og anden runde af undersøgelsen, er ikke alle spørgsmål besvaret af samtlige respondenter.

Respondenterne var primært topledere (54 procent) og mellemledere (37 procent). De fleste besvarelser kom fra Tyskland (128), mens de øvrige lande tegnede sig for 50-70 respondenter. Størstedelen af de deltagende virksomheder var små virksomheder, idet kun ca. 18 procent af de deltagende virksomheder havde mere end 50 ansatte. Vand udgør typisk 2-5 procent af de samlede omkostninger for de deltagende virksomheder.

5.8 Opfølgende dialog med industrien

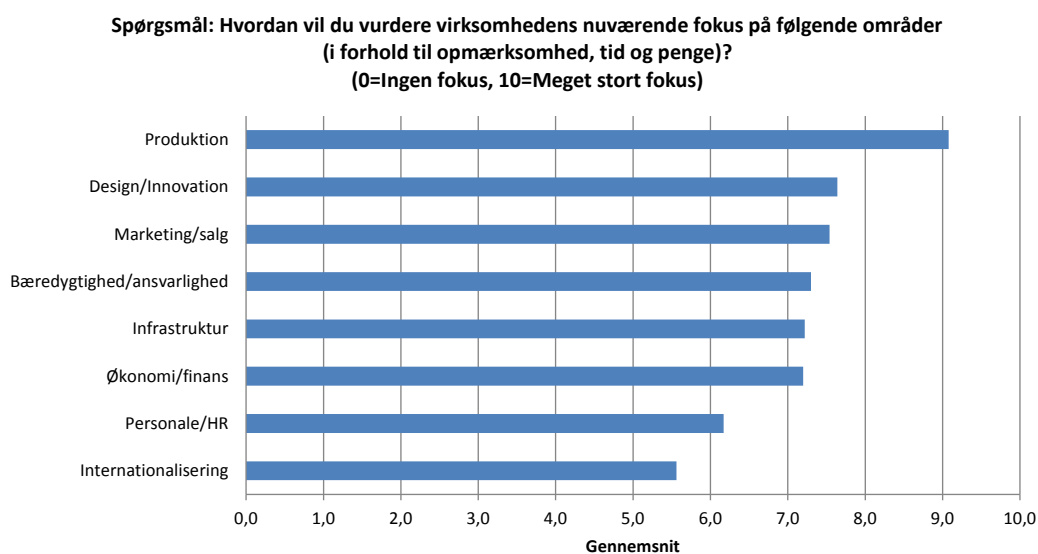
Spørgeskemaundersøgelsen gav et godt overblik over fødevarevirksomhedernes prioriteter, konkurrenceevne og tilgange i forhold til vandeffektivitet. Nedenfor vil vi kort skitsere nogle af resultaterne fra undersøgelsen. Disse er også gengivet i rapporten: *"Competitiveness, Innovation and Water Management in the Food Sector"*, som er sendt til de respondenter fra ind- og udland, som ønskede at kende resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen (se senere afsnit).

Spørgeskemaundersøgelsen blev fulgt op af en række interviews med danske fødevarevirksomheder. Formålet var at nuancere resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen og kaste mere lys over de daglige udfordringer og muligheder, som mejerier og andre fødevarevirksomheder står overfor, når der skal træffes beslutninger om nye, vandeffektive løsninger. Interviewene omfattede også et

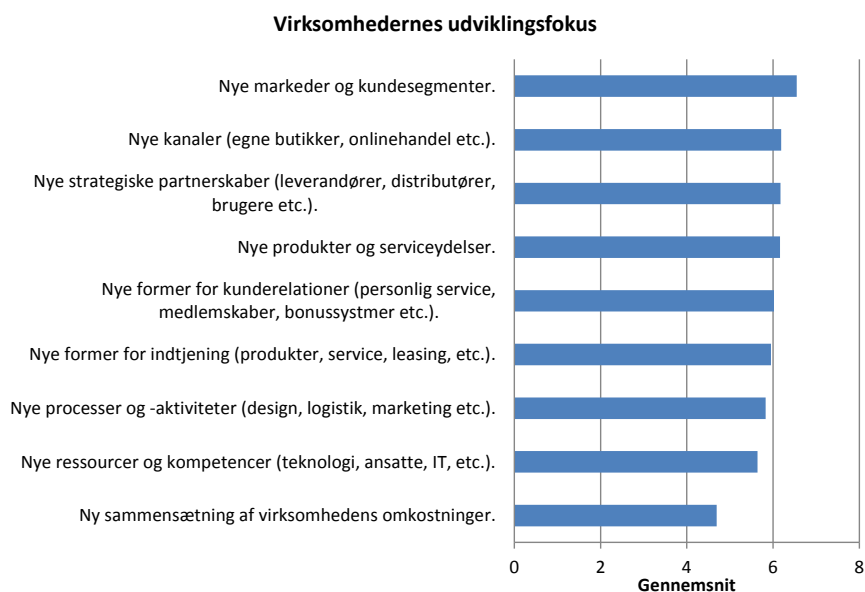
par teknologileverandører for at få deres vurdering af fødevarebranchens evne og villighed til at indføre vaneeffektive løsninger.

5.9 Overordnede resultater fra undersøgelsen

Mejerierne og andre fødevarevirksomheder er generelt meget produktionsorienterede, se Figur 5-2 nedenfor. Dette er umiddelbart en fordel for introduktionen af nye vandeffective løsninger i det omfang, at disse bidrager til forbedring af ressourceeffektiviteten. Det store fokus på produktion synes at være et kendetegn for branchen, da virksomheder generelt er tilbøjelige til at prioritere kundeorienteret marketing/salg højest⁵. Som det ses af nedenstående figur, er de nuværende prioriteringer dog ikke nødvendigvis afspejlet i virksomhedens udviklingsarbejde. Adspurgt om udviklingen af forretningsmodellen svarer de fleste virksomheder, at det sker ved at opdyrke nye markeder og kundesegmenter. Produktionen er derfor ikke altid omdrejningspunktet for nye løsninger og innovation.



Figur 5-2 Virksomhedernes generelle prioriteringer



⁵ Pedersen, E.R.G. (2013), I en Krisetid: Hvad er Nøglen til Succes? *Ledelse i Dag*, February.

Figur 5-3 Virksomhedernes udviklingsfokus

En nærmere undersøgelse af resultaterne viser, at virksomhedernes generelle prioriteringer har en afsmittende virkning på vandindsatsen. Jo større vægt virksomheden lægger på bæredygtighed/ansvarlighed, jo større vægt vil der også være på vandindsatsen. Omvendt vil virksomheder med et fokus på økonomi/finans være mindre tilbøjelige til at prioritere vandindsatsen. Dette kunne indikere, at mange fødevarevirksomheder stadig ser vandindsatsen som en byrde snarere end en gevinst. Det taler for, at vandsektoren bliver bedre til at dokumentere og prioritere forretningsmulighederne ved vandeffektivitet.

5.10 Vandindsatsen i mejerierne

Når det gælder vandindsatsen, viser undersøgelsen, at mejerierne klarer sig godt sammenlignet med andre virksomheder i fødevarebranchen. Mejerierne har den højeste gennemsnitlige vandindsats sammenlignet med bryggerier og slagterier. Til gengæld er der ikke noget i resultaterne, som tyder på, at danske mejerier er længere fremme i forhold til vandindsatsen sammenlignet med deres kolleger i de andre europæiske lande. Derfor er der generelt ikke noget, som tyder på, at der er et stort dansk eksport- og vækstpotentiale for vandeffektive løsninger. Der synes i hvert fald ikke at være et teknologiefterslæb i de andre lande. Specifikke teknologier og løsninger udviklet internt eller i samarbejde med andre aktører kan dog sagtens rumme betydeligt markedspotentiale.

Spørgsmål: Hvor enig er du med følgende udsagn om virksomhedens vandindsats?
(0=Fuldstændig uenig, 10=Fuldstændig enig)



Figur 5-4 Virksomhedernes vandindsats

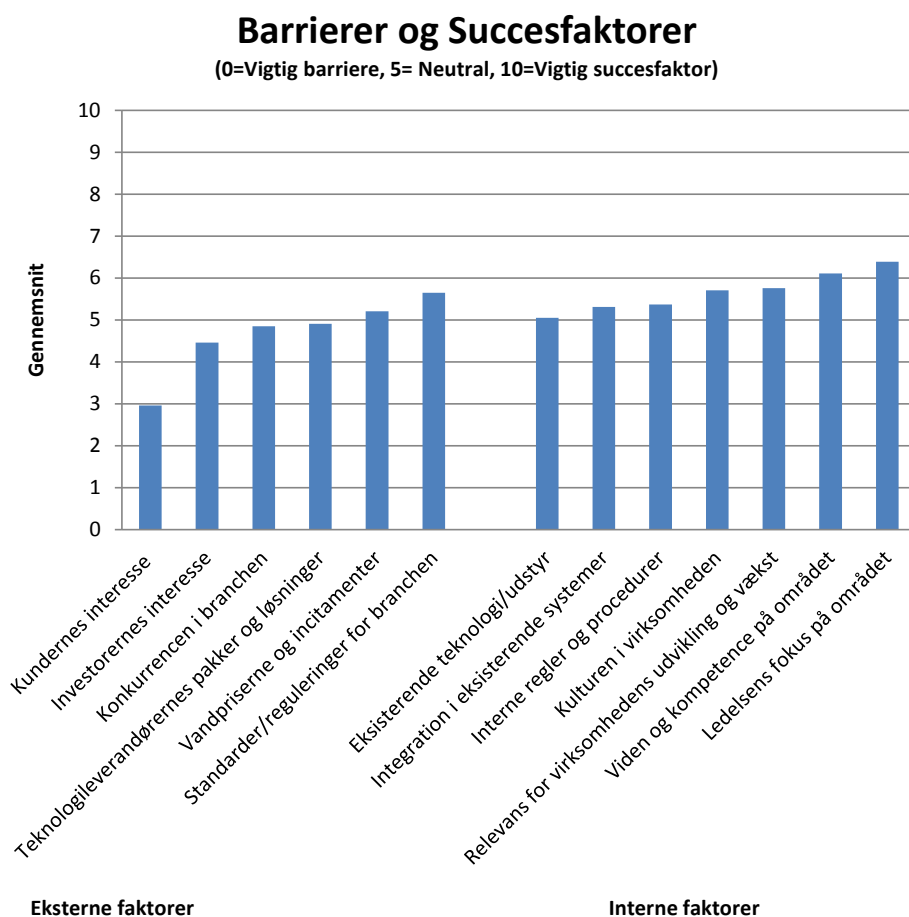
Generelt er virksomhedernes vandindsats ofte relateret til målsætninger og kommunikation. Målsætninger på vandområdet er i mindre grad integreret i anerkendelse/belønningssystemer og uddannelse/træning. Samtaler med industrien indikerer dog, at en forbedring af vandindsatsen i høj grad handler om at ændre de ansattes adfærd. Derfor er der nogle oplagte potentialer i at styrke indsatsen i forhold til oplæring/uddannelse af de ansatte.

Det ses også af figuren ovenfor, at fødevarevirksomheder sjældent indgår samarbejde med eksterne partnere om styrkelse af vandindsatsen. Dette og andre projekter (fx DRIP og REWARD projektet) er dog gode eksempler på, at der faktisk kan etableres ambitiøse vandpartnerskaber på tværs af sektorer. Det kan imidlertid diskuteres, om det ikke i fremtiden vil være relevant at inkludere flere aktører (fx forsyningsselskaberne eller detailkæder) og flere lande. Desuden bør fremtidige partnerskaber omfatte små og mellemstore virksomheder. I modsat fald vil fremtidige partnerskaber få slagside i retning mod de store, multinationale selskaber, som i vid udstrækning er i stand til at løfte opgaven selv.

5.11 Barrierer og muligheder for vandeffektive løsninger

Den ideelle vandeffektive løsning er nemt at forstå, reducerer vandforbruget betragteligt, betaler sig hjem inden for en overskuelig periode og forstyrrer ikke driften unødigt. Det er dog ikke altid, at mejerierne og andre fødevarevirksomheder oplever, at løsningerne lever op til disse kriterier. Omvendt oplever teknologivirksomhederne ikke, at fødevarevirksomheder er parate til at være de første med nye løsninger. Endelig er der nogle eksterne forhold, som kan gøre det vanskeligt at fremme vandeffektiviteten i branchen.

Figuren nedenfor viser, at flere nøgleinteressenter (kunder og investorer) ikke er specielt opmærksomme på vandspørgsmål. Respondenterne blev bedt om at indikere, hvordan en række udsagn reflekterede situationen i deres organisation. Resultaterne viser, at der p.t. ikke er et stærkt signal i markedet, som motiverer virksomhederne til at investere i mere vandeffektive løsninger. Dette er en vigtig barriere, da erfaringerne viser, at de fleste virksomheder er reaktive (reagerer på efterspørgsel fra markedet) snarere end proaktive (skaber efterspørgsel på markedet). Mejerierne vurderer overordnet set de interne og eksterne faktorer lidt mere gunstigt end de andre fødevarevirksomheder.



Figur 5-5 Barrierer og succesfaktorer for vandløsninger

Selvom kunderne og slutbrugerne ikke aktivt efterspørger vandeffektive løsninger, betyder det omvendt ikke, at de er negativt indstillede over for disse tiltag. Det har været en tilbagevendende diskussion i litteraturen, om kunderne reagerer negativt på nye vandløsninger. Resultaterne fra denne undersøgelse tyder dog på, at fødevarevirksomhederne selv tror, at kunderne vil vurdere en forbedret vandindsats positivt.



Figur 5-6 Virksomhedernes forventninger til kundernes/slutbrugernes reaktioner på genanvendelse af vandressourcer

5.12 Adgang til dokumenteret teknologi og ledelsessystemer for øget vandeffektivitet

Arbejdet med at dokumentere teknologi i projektet er ikke igangsat endnu, men de enkelte mejeriers planer om at installere flere målere samt dataopsamling fra målere vil også være et væsentligt skridt til dokumentation af, at de teknologier, som installeres hos mejerierne, rent faktisk fører til den forventede vandbesparelse.

For så vidt angår ledelsessystemer til øget vandeffektivitet, er der taget en række tiltag:

- Hos Thise er der via etablering af bedre målere og dataopsamling skabt bedre grundlag for at se, hvor vandforbruget sker, og en bedre adgang for mejeriledelsen til at identificere vandforbrug, hvor der er mulighed for at spare vand eller omlægge processer
- I regi af mejeriforeningen har der været afholdt nogle møder, hvor mejerierne har udvekslet erfaringer om vandbesparelse. Mejeriforeningen kan potentielt spille en vigtig rolle i udbredelsen af resultaterne fra partnerskabet til mejerier, som ikke direkte deltager i partnerskabet.
- ARLA har en miljøstrategi med et handlingsprogram for vandbesparelse. Denne viden er udbredt til de deltagende mejerier med henblik på at inspirere til nye ledelsestiltag og systemer.

I litteraturen findes en række eksempler på tiltag til øget vandeffektivitet i mejerier. Mest relevant for Danmark er nok Dairy Roadmap i UK. Denne "roadmap", som blev etableret af branchen selv i 2008, har etableret rullende og stadig øgede mål for vandbesparelse på mejerier, et indikatorsystem og rapporteringssystem til at måle, at bl.a. dette mål nås, samt et management system, som de enkelte mejerier kan anvende til at komme fra en vandkortlægning til konkrete øgninger af vandeffektiviteten (Dairy Roadmap, 2015). Måske er det en mulighed at kopiere denne model for mejerierne uden for Arla gruppen.

5.13 Styrkede mekanismer til spredning af viden og erfaringer

Der er i regi af projektet afholdt en række seminarer og møder mellem mejerier med henblik på at sprede viden og erfaringer fra projektet. Mejeribranchen har vist stor interesse for denne viden, hvilket blandt andet har vist sig ved stort fremmøde til arrangementerne.

Kommunikationen af projektet er dels sket via egentlige seminarer og oplæg, men også ved individuelle møder med mejerier uden for projektet. For en komplet liste over kommunikationsaktiviteter henvises der til bilagsrapporten.

I regi af projektet er der oprettet en projekthjemmeside (www.vandeffektivemejerier.dk), hvor mejerier og interesserede parter kan læse om projektet samt holde sig opdateret med ny viden på området.

Efter afslutningen af projektet vil resultater og erfaringer deles, blandt andet via denne afsluttende rapport. Landbrug & Fødevarer har imidlertid en interesse i at sprede viden og erfaringer, også efter projektets afslutning, og vil således sørge for, at erfaringerne bruges i andre projekter, herunder det opstartede DRIP projekt (www.drippartnership.dk), som er støttet af Innovationsfonden. Det sikres dermed, at resultaterne ikke tabes på gulvet, men at der følges op på de mest lovende teknologier og teknikker.

5.14 Fremme og eksport af nye vandeffektive løsninger

Partnerskabet har adresseret en række reguleringsmæssige udfordringer, som hidtil har været en barriere for øget vandeffektivitet i danske mejerier. Partnerskabet har dog også vist, at ved en optimal kombination af forskellige teknologier er visionen og det vandløse mejeri inden for rækkevidde.

På verdensplan ses en fortsat vækst inden for mejeribrug, hvortil danske teknologileverandører allerede har en betydelig eksport og således er godt placeret til at udnytte yderligere markedsvækst. Dette gælder også teknologier til øget ressource- og vandeffektivitet. Vandeffektivitet er højt på dagsordenen hos mange af verdens førende mejeriselskaber, som med sin globale tilstedeværelse oplever øget pres på mulighederne for at opretholde produktion grundet pres på vandressourcerne eller skrappe afledningskrav – fx. Zero-Liquid-Discharge.

For Arla Foods og den øvrige danske mejeriindustri er ressourceeffektivitet væsentlig i forhold til fortsat at kunne vokse i Danmark efter ophævelsen af EU's mælkekvoter – der skabes et øget overskud af vand, som ikke altid kan håndteres inden for eksisterende miljø- og spildevandsgodkendelser. Samtidigt etablerer Arla Foods sig også som en global aktør med etablering af produktionslokaliteter i områder, hvor adgang til rent drikkevand og mulighed for afledning af spildevand ikke nødvendigvis er samme selvfølge som i Danmark.

Arla har 60 mejerier i Europa og andre dele af verden, og der sker vidensdeling mellem mejerierne inden for mange områder.

Genbrug af vand, herunder anvendelse af mælkevand til forskellige formål, sker allerede i dag på mange mejerier, men kan udbredes i større omfang til flere formål og til flere mejerier.

Resultaterne fra det vandeffektive mejeri kan tages i anvendelse på andre mejerier uden for DK - det gælder både i forhold til teknologi og branchekoder for genbrug af vand.

Det kan være i lande, hvor der fx er mangel på vand eller problemer med kvaliteten.

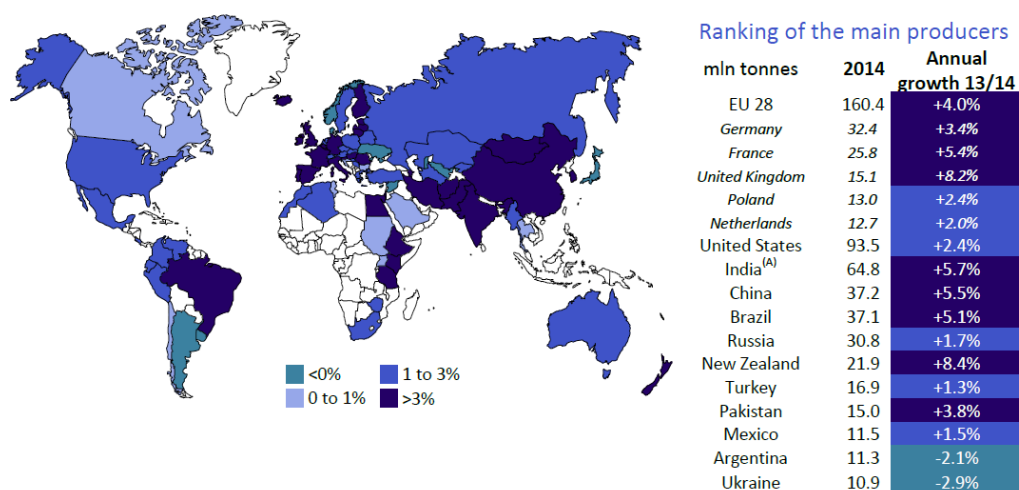
Citat fra Helle Nielsen, Environmental Manager, Global QEHS, Arla Foods medlem af styregruppen for "Vandeffektive Mejerier"

Den potentielle jobskabelse fra projektet vil således ses i mejerisektoren, men i langt højere grad vurderes potentialet at være hos teknologileverandørerne i projektet. Grundfos har skønnet, at ved en succesfuld implementering med 30% markedspenetration hos de 10% største af Europas 2000 mejerier vil salget af ca. 60 enheder resultere i en omsætning på ca. 900 mio. kr. og 150-200 nye jobs alene hos Grundfos. Tilsvarende har DSS vurderet, at et nyt effektivt genbrugskoncept for RO-permeat vil kunne øge DSS's omsætning med 50-100 mio. kr. pr. år og resultere i 100-200 nye jobs – hvoraf 75% vil være hos SME underleverandører.

Der er dog også et væsentligt potentiale uden for Europa. McKinsey vurderer således, at der på globalt plan i 2030 vil være et vandforbrug, som er 40% højere end de tilgængelige vandressourcer, vi har i dag, hvis vi ikke bliver bedre til at bruge vandet mere effektivt. EU's Blueprint to Safeguard Water Resources fra 2012 peger på behovet for at øge industriens vandeffektivitet. World Business Council for Sustainable Development vurderer, at mangel på vand vil udgøre en stigende risiko for den industrielle sektor og peger på, at industrien allerede nu bør begynde at lægge om til mere vandeffektive produktionsprocesser.

I en global mejeriindustri i fortsat vækst ses et stigende behov for ressourceeffektive løsninger – særligt i områder, hvor der opleves vandmangel, eller hvor der er kraftige restriktioner på industriens vandforbrug og spildevandsudledning. Markedet for salg af udstyr til vandbehandling i fødevarerbranchen forventes at vokse med knap 7% om året og løbe op i 6 mia. USD i 2020 (GWI Water for Food and Beverage, 2012).

Cow's milk production annual growth in 2014



Figur 5-7 Årsproduktion (i mio tonnes) og årlig vækst i mælkeproduktionen på udvalgte markeder (The World Dairy Situation, 2015).

Det må forventes, at markedsandelen for teknologi og løsninger til vandbesparelser er stigende på grund af det stigende pres på vandressourcerne internationalt. Dette gælder for lande som Danmark, EU, BRIK landene og USA, hvor der samtidigt ses væsentlig vækst i mejeriproduktionen (se Figur 1). Det må desuden forventes, at etableringen af danske demonstrationsprojekter vil være fremmende for, at danske mejerier og danske teknologileverandører vil kunne øge deres markedsandel.

Referencer

Salimeh Jabbari Rad & Michael John Lewis: *Water utilisation. Energy utilisation and waste water management in the dairy industry: A review*. International Journal of Dairy Technology, Vol 67, February 2014, p 1-10

Teece, D. J., 2010: *Business Models, Business Strategy and Innovation*. Long Range Planning, 43(2-3), 172-194.

Osterwalder, A., Pigneur, Y. 2010: *Business Model Generation*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken New Jersey.

Hygiejneforordningen, bilag II, kapitel VII, punkt 3
Jf. afsnit 10 i Vejledning om fødevarerhygiejne

Landbrug & Fødevarer: Mejeristatistikken, 2015, Juli 2016.

Rødkærsbro vandindvinding:

http://data.geus.dk/geusmap/?mapname=jupiter&rightWidth=260#zoom=10.850089539701493&lat=6244977.6589113&lon=531281.28017262&visiblelayers=Topografisk&filter=r%C3%B8dk%C3%A6rsbro&layers=jupiter_boringer_ws&mapname=jupiter&filter=r%C3%B8dk%C3%A6rsbro&epsg=25832&mode=map&map_imagetype=png&jupiter_boringer_ws_filter=dgunr%C3%B8dk%C3%A6rsbro%2526de.min%C3%B8dk%C3%A6rsbro%2526dybde.max%C3%B8dk%C3%A6rsbro%2526aar.min%C3%B8dk%C3%A6rsbro%2526aar.max%C3%B8dk%C3%A6rsbro%2526kode%2526formaal%2526anvendelse%2526&wkt=

Rødkærsbro spildevandstilladelse:

<http://mst.dk/media/mst/Attachments/EndeligrevurderingRdkrsbro16december2013MEDBILAG.pdf>

Thise spildevand:

http://mst.dk/media/mst/65709/ThiseMejeri_Tillaegsgodkendelse.pdf

http://mst.dk/media/mst/65708/ThiseMejeri_Miljogodkendelse.pdf

<http://mst.dk/media/mst/65667/BilagA.pdf>

DRIP partnerskabet www.drippartnership.dk

REWARD food.ku.dk/english/projects/sac/reward

Bilag 1. Projektkatalog



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Vandeffektive mejerier- et partnerskab på vejen mod det vandløse mejeri

Katalog over projekter gennemført på
mejerier

Januar 2017

Indhold

1. Introduktion	4
2. Beskrivelse af indikatorer.....	5
2.1 Generelt om indikatorer	5
2.2 Vandbesparelspotentiale	5
2.3 Komplexitet	5
2.4 Klar til markedet	5
2.5 Investeringsomkostninger	6
2.6 Tilbagebetalingstid	6
2.7 Udbredelsespotentiale	6
3. Reduce	8
3.1 Smart integration og formidling af vandmålerdata, Thise	8
4. Renew	11
4.1 Reduceret vandforbrug til UF-skyl, Nørager mejeri	11
4.2 Konstantflow-ventil til styring af flow til pumpepakkåser, Thise	12
4.3 Reduktion af vandforbrug til pumpe-tætningsskyl, Them	16
4.4 Øget overvågning og styring af nyt CIP anlæg, Them	17
4.5 Pladekøler i stedet for skrabe køler på UF 390, Thise	19
5. Reuse	22
5.1 Genbrug af mellem- og sluts skyl på CIP, Thise	22
6. Recycle	26
6.1 RO-vand til forskyl og sluts skyl CIP 10, Arla Taulov	26
6.2 RO-vand til forskyl af CIP4, kølevandspasteur og formvask, Arla Taulov	27
7. Reclaim	29
7.1 RO-vand til anvendelse til erstatning for vandforsyningsvand, Thise	29
7.2 BioBooster samt RO performance test, Arla Vimmerby	32
7.3 Brug af RO-vand til kølekondensator, Arla Rødkærsbro	37
7.4 RO-vand til kølekondensator, Arla Taulov	38

1. Introduktion

Dette appendix til hovedrapporten for projektet Vandeffektive Mejerier beskriver de teknologier, der er installeret i udviklings- og demonstrationsprojekter, og hvor besparelser og driftserfaringer efterfølgende er dokumenteret. Appendix kan læses som et selvstændigt dokument som et katalog over anvendelige teknologier i mejerisektoren - men data fra kataloget er også anvendt i hovedrapporten til: 1) at beregne de samlede besparelser ved de gennemførte vandbesparelsesprojekter i de deltagende mejerier 2) at estimere et skøn over hvor store besparelser, der kan hentes, hvis der ekstrapoleres fra de deltagende mejerier til mejerisektorniveau og 3) at vurdere hvor langt sektoren med dette projekt er kommet i retning af det vandløse mejeri. Endelig er tal fra kataloget også anvendt til at skønne over tilbagebetalingstider for de aktuelt testede teknologiske løsninger.

Kataloget er opdelt efter et koncept for vandbesparelse, hvor de simpleste løsninger er præsenteret først - som beskrevet nedenfor. Konceptet er beskrevet yderligere i hovedrapporten.

1. *Reduce*: Minimer forbruget af vand ved kilden
2. *Renew*: Forny processer så de bliver mere vandeffektive
3. *Reuse*: Genbrug af vand fra en proces i en anden (uden rensning)
4. *Recycle*: Recirkulering af vand flere gange i samme proces (uden rensning)
5. *Reclaim*: Rensning af vand til opnåelse af nødvendig vandkvalitet (kombineres med Genbrug eller Recirkulering)
6. *Return*: Udledning af vand til recipient inden for gældende afløbskrav

Der er i appendix i alt dokumenteret resultater fra 14 udviklings- og demonstrationsprojekter fordelt med 5 hos Thise Mejeri, 3 hos Arla Taulov, 2 hos Nørager Mejeri, 2 hos Them Mejeri, 1 hos Arla Rødkærsbro og 1 hos Arla Vimmerby.

2. Beskrivelse af indikatorer

2.1 Generelt om indikatorer

I det følgende er indikatorer til hvert delprojekt beskrevet. Disse indikatorer er ment som en hurtig overordnet karakterisering af projekter og løsninger. Der er i alt 6 forskellige indikatorer, som hver kan rates med 1-3 symboler.

2.2 Vandbesparelsespotential

Denne indikator beskriver det forventede vandbesparelsespotential ved implementering af den beskrevne løsning. Den forventede vandbesparelse sammenholdes med det samlede vandforbrug på virksomheden. På den måde kan indikatoren medvirke ved prioritering af indsatsen for at opnå vandbesparelser.

Graden af besparelsespotential er vist med antallet af dråber  - hvor 1, 2 eller 3 dråber svarer til:

1. <10% besparelse af det årlige vandforbrug
2. 10-20% besparelse af det årlige vandforbrug
3. > 20% besparelse af det årlige vandforbrug

2.3 Komplexitet


Alt efter hvilken løsning der vælges, vil kompleksiteten variere fra noget, der kun kræver få ressourcer fra egne/tilknyttede medarbejdere til større ombygningsopgaver, der kræver specialistrådgivning.

Graden af kompleksitet er vist med indikatoren  - og tildelingen af 1-3 indikatorer sker i henhold til følgende karakterisering:

1. Kan udføres af lokale medarbejdere
2. Kræver ekstern bistand - mindre ombygning
3. Kræver ekstern bistand - større ombygning

2.4 Klar til markedet

Teknologien i vandbesparelsesløsningernes parathed i markedet kan variere fra udviklingsstadiet – hvor løsningerne ikke umiddelbart er salgsklare – til velafprøvede teknologier og rene hyldevarer.

Hvor klar løsningen er til markedet er vist med indikatoren  - hvor antallet af indikatorer fordeles efter:

1. Kræver betydelig udvikling før det kan komme på markedet
2. Mindre tilpasninger af teknologien og ny dokumentation er nødvendig

3. Teknologien er udviklet/tilpasset og solid dokumentationen sikrer, at teknologien er klar til spredning til markedet

2.5 Investeringsomkostninger

Med få og simple midler kan det være muligt at høste mange lavt-hængende frugter, der øger vandeffektiviteten. Andre projekter er større entrepriser, hvor der skal lægges en væsentlig investering for at opnå det ønskede resultat. Investeringen vil ofte afhænge af virksomhedens tidligere indsats inden for vandeffektivitet således, at de sidste procent vandbesparelser oftest vil være de dyreste. Ofte vil den slags projekter for øget vandeffektivitet hænge sammen med større ændringer - fx produktionsudvidelser eller nye produktionsanlæg - for at blive rentable.


De typiske investeringsomkostninger, der er forbundet med katalogets løsninger, er vist med \$ - hvor antallet af indikatorer – der naturligvis afhænger af produktionens størrelse - angiver følgende:

1. < 100.000 kr
2. 100.000 - 250.000 kr
3. > 250.000 kr

2.6 Tilbagebetalingstid

Det er væsentligt ved evalueringen af nye løsninger til øget vandeffektivitet at beregne tilbagebetalingstiden på investeringen. I dette katalog benyttes den simple tilbagebetalingstid beregnet som investeringen divideret med netto-besparelsen beregnet ud fra reducerede udgifter til forsyningsvand samt spildevandsbehandling/udledning og korrigeret for eventuelle øgede udgifter til drift og vedligehold for den teknologiske løsning.

Den typiske tilbagebetalingstid, der er forbundet med de beskrevne teknologiske løsninger, er vist

med  - hvor antallet af indikatorer viser følgende:

1. under 1 år
2. 1 - 2 år
3. over 2 år

2.7 Udbredelsespotentiale

De udviklede og afprøvede løsninger har forskelligt markedspotentiale. Nogle er ret specifikt knyttet til bestemte produktioner mens andre har potentiale til bred udbredelse som ny "best practice" til resten af mejeribranchen. Nogle løsninger er universelle, og har potentiale til at bruges bredt i fødevarerbranchen – eventuelt med mindre modifikationer.







Udbredelsespotentialet er vist med indikatoren  - hvor antallet af indikatorer viser følgende:

1. Kan anvendes i mejerier med lignende produktion
2. Kan anvendes bredt i mejeriindustrien
3. Kan anvendes bredt i fødevarerindustri – og evt anden produktion

I Tabel 2.1 er vist et eksempel på en overordnet karakterisering af en vandeffektivitetsløsning ved anvendelse af disse indikatorer.







- 6 Vandeffektive mejerier- et partnerskab på vejen mod det vandløse mejeri

TABEL 2.1 EKSEMPEL PÅ ANVENDELSE AF INDIKATORER TIL KARAKTERISERING AF VANDEFFEKTIVITETSLØSNINGER I KATALOGET.

Kategori: Reduce		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Mælkefabrikken A/S		Leverandør: Ventilus ApS	
Partnere: DHI			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

3. Reduce

3.1 Smart integration og formidling af vandmålerdata, Thise

Kategori: Reduce		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Thise		Leverandør: Kamstrup	
Partnere: DHI, Kamstrup			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

3.1.1 Baggrund og motivation

Inden opsætning af Kamstrups vandure med online registrering blev der dagligt aflæst mellem 20 og 30 vandure. Disse aflæsninger blev foretaget manuelt i en to-timers rundtur, dog oftest med forstyrrelser undervejs. Desuden blev aflæsningen ikke altid udført på samme tidspunkt af døgnet. De nedskrevne værdier blev indsamlet og først tastet ind i et regneark med ca. 14 dages mellemrum. Som følge af den forsinkede registrering blev afvigelser ikke opdaget med det samme, og grunden til denne afvigelse kunne derfor oftest ikke bestemmes.

Det var derfor et ønske fra Thise mejeri at kunne følge vandforbruget online, således det ville blive muligt at reagere på et unormalt vandforbrug med det samme. Ligeledes var det et ønske at kunne motivere medarbejderne i retning af vandbesparende adfærd ved at visualisere det faktiske vandforbrug ved fx rengøringsopgaver, og dermed inspirere til at spare på vandet.

3.1.2 Gennemførte aktiviteter

Kortlægning af vandstrømme og -forbrug

På baggrund af en omfattende vandkortlægning er der blevet synliggjort overraskende vandforbrug og områder med manglende måling af forbruget. Desuden er der blevet identificeret nye målepunkter, som vil bidrage til en mere finmasket oversigt, og det vil samtidigt gøre det muligt at monitorere vandforbruget på de enkelte processer og udstyr i steder for kun på hele afdelinger.

Installation af online vandure

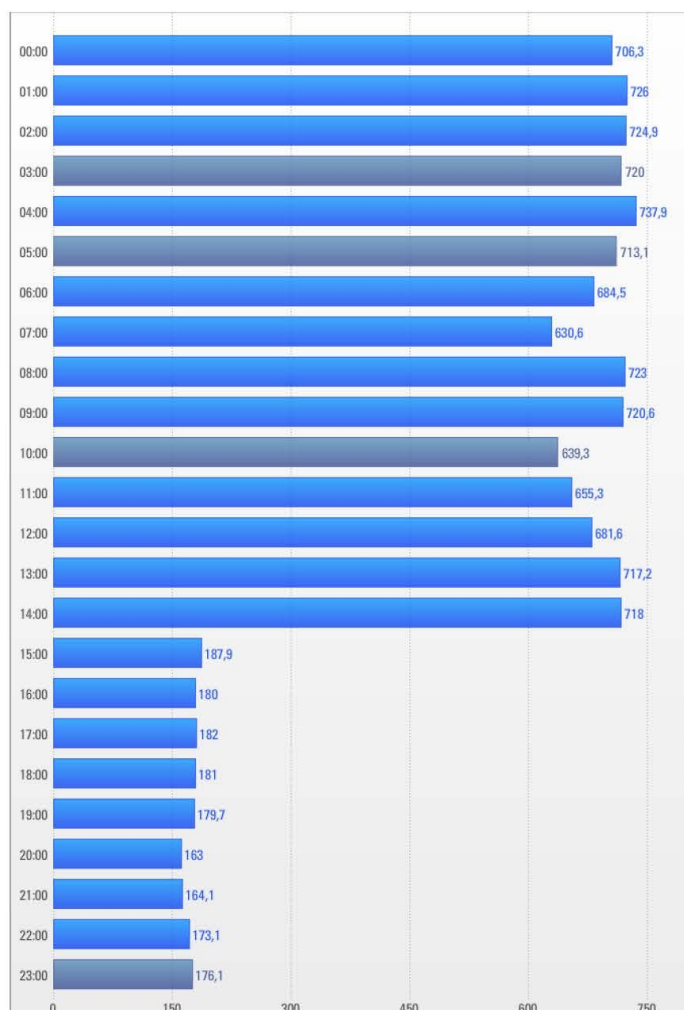
Alle gamle analoge vandure er blevet udskiftet med Kamstrup vandure eller blevet monteret med aftapningsenheder. I samme ombæring er de nye målepunkter blevet inddraget, hvilket bevirker, at den samlede installation løber op i over ca. 70 nye Kamstrup-enheder. Desuden er der opstillet en modtagerenhed på taget af mejeriet, som via radiobølger er i stand til at aflæse samtlige enheder.

3.1.3 Resultater

Installationen af nye online vandure giver ikke i sig selv nogen vandbesparelse, men ved at kunne følge vandforbruget løbende online er det gjort muligt at reducere utilsigtet vandforbrug med det

samme. Desuden vil en visualisering af vandforbruget on-site i de enkelte afdelinger medføre en vandbesparende adfærd fra personalets side.

Et eksempel på en besparelse som følge af online visualisering er vandforbruget til pumpe-vandskyl på UF-390 anlægget i sur-afdelingen. Figur 3.1, viser hvordan det - den 16/1 2015 - omkring kl 14 blev opdaget, at der var et stort vandforbrug til vandskyllet, og der blev givet besked om at skrue ned for vandet. Resultatet kunne allerede registreres på målingen kl 15. Denne indgriben medførte, at vandforbruget til denne applikation blev reduceret fra ca. 700 L/h til ca. 180 L/h.



FIGUR 3.1 JUSTERING AF VANDFORBRUGET VED VANDSKYL PÅ UF-390 ANLÆGGET. DØGNUDTRÆK AF DATA FRA DEN 16/1-15 (EBUTLER.DK). E-BUTLER ER EN PLATFORM TIL AUTOMATISK ANALYSE AF VISUALISERING AF VAND OG ENERGIFORBRUG.







Ved at udskifte de gamle analoge vandure med digitale fjernaflæste vandure fra Kamstrup, er det blevet muligt at følge vandforbruget på timebasis, uden at det kræver manuelle aflæsninger og indtastninger. Med online adgang til vandforbruget er det blevet muligt at spotte og reagere på usædvanlige vandforbrug inden for kort tid, samt at evaluere vandbesparelser på et dokumenteret grundlag.

Udskiftningen og opsætningen af disse vandure giver mulighed for en direkte vandbesparelse gennem løbende identifikation af utilsigtede vandforbrug/overforbrug. Herudover giver vandmålerne god mulighed for at identificere områder hvor der er mulighed for at opnå betydelige vandbesparelser gennem nye teknologiske løsninger. Den direkte besparelse skønnes at være af størrelsesordenen 5% af det samlede vandforbrug. Det er denne vandbesparelse der er medtaget i den nedenstående beregning medens de øvrige afledte vandbesparelser gennem nye teknologiske løsninger fremgår af de øvrige projekter hos Thise i dette katalog. Det er ikke muligt at estimere en generel afledt vandbesparelse. Vandmålerne har været centrale i analysen af vandforbruget hos Thise og været stærk medvirkende til at der har kunnet identificeres teknologiske løsninger som er summeret op til ca 50%.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	139.000 m ³		5%- skønnet 6.950 m ³ /år
Økonomisk besparelse af vandforbrug			173.750 ved 25kr /m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer	2-3 timer/dag	0 timer/dag	2-3 timer/dag (ca. 200-300.000 kr pr år)
Investering (ventil, fittings, software mm.)		246.953 kr	

4. Renew

4.1 Reduceret vandforbrug til UF-skyl, Nørager mejeri

Kategori: Renew		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Nørager mejeri		Leverandør: Novadan	
Partnere: Novadan			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

4.1.1 Baggrund og motivation

Nørager Mejeri A/S er et privatejet mejeri – en del af Nordex Food, som har hovedkvarter i Dronninglund. Mejeriet er det største af de tre mejerier, som Nordex ejer. Nørager mejeri producerer et bredt sortiment af hvid ost: salattern, hvid ost i blok, mv. Pakkestørrelser varierer i alt fra små detailpakninger til store bulkvarer i 16 kg dåser. Mejeriet indvejer ca. 55 mio kg mælk pr år, og der beskæftiges ca. 100 medarbejdere.

Udskyl efter CIP på UF-anlæg er tidligere kørt på tid/volumen. For at sikre et komplet udskyl køres derfor lidt mere tid/volumen end nødvendigt. Ved at ændre styringen, så man måler ledningsevnen på det udskyllede vand kan man stoppe udskyl nøjagtigt når vandet er rent, og derved minimere vandforbruget.

4.1.2 Gennemførte aktiviteter

Der er installeret ledningsevнемålere og kørt test med succes. Ledningsevнемåleren fungerer ved, at CIP på et UF-anlæg følger en rengøringsrecept, som er lagt ind i programmet på UF-anlægget. Først kører anlægget e base-trin, hvor der pumpes base ind i anlægget. Ledningsevnen stiger og ved et forudindstillet setpunkt – fastlagt ud fra måledata og erfaring med processen - stopper doseringen, og det basiske vand cirkuleres en given tid, før det skylles ud. Ved udskyl af af det basiske CIP-vand monitoreres ledningsevnen fortsat, og ved et givet lavt setpunkt stopper udskyllet, og CIP skifter til næste trin. Forud for den nye styring foregik skyl efter tid, hvilket medførte et overforbrug af vand, fordi man jo skulle være sikker på, at anlægget var skyllet grundigt igennem. Systemet er i drift med den nye styring.

4.1.3 Resultater

Der er foretaget målinger på vandforbrug før og efter implementering af ny styring. Gennemsnitsforbrug før ny styring er 25,4 m³, og efter ny styring er det faldet til 16,1 m³, dvs en besparelse på 9,3 m³ pr udskyl. Den nye styring er installeret i april 2015, og data for vandforbrug til udskyl før og efter installation af den nye styring fremgår af tabellen nedenfor.



MEMBRANE CIP

Customer	Nørager Mejeri	Date	15-06-2015
Contact person	Henrik Hougaard	Consultant	Marianne Nissen
Kopilot	Torben Jensen, Jimmy Schmidt,	Next service	
Membran plant	3 Loop UF (UF2)	Feed / product	Milk / White cheese

Dato:	01-04-2014	25-06-2014	22-10-2014	17-02-2015	05-03-2015	09-04-2015	15-04-2015	20-04-2015	11-05-2015		
Vandforbrug pr. rengøring [m³]	20,4	30	24,6	23,6	28	25,8	14,7	16,4	17,2		
Vandforbrug pr. rengøring med fortrængning [m³]				24							
Vandforbrug produktfortrængning				0,4							
Vandforbrug pr. skyl - forskyl [m³]	3,1	4	4	6,3	4	4		1,3	1,6		
Vandforbrug pr. skyl - efter 1. base [m³]	3	5,7	4,9	4,2	4,8	5,2	3,2	3,5	3		
Vandforbrug pr. skyl - efter 2. base [m³]	4		6,1	4,5	ikke aflæst	5,7	4	ikke aflæst	4,2		
Vandforbrug pr. skyl - efter syre [m³]	4,5	15,3	4,4	3,9	14,2	5	3,9	6,7	3,4		
Vandforbrug pr. skyl - efter 3. base [m³]	5,8	5	5,2	4,7	5	5,9	3,6	4,9	5		

Bemærkninger

Gennemsnits vandforbruget fremtil ny styring skyllevand er 25,4 m³ pr. gang








Ny styring
skyllevand

4.1.4 Vurdering

Selv om besparelsen er relativt lille (4,5% af årsforbrug), er det en god forretning, med tilbagebetalingstid under 1/2 år.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	Årligt totalforbrug 107.000 m³	UF1: - 1.300 m³/år UF2: - 3.500 m³/år Samlet reduktion 4.800 m³/år	Ialt 4.800 m³, dvs besparelse på 4,5%
Økonomisk besparelse af vandforbrug			110.000,-kr/år ved 23 kr/m³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			Ikke kvantificeret
Investering		163.286	

4.2 Konstantflow-ventil til styring af flow til pumpepakdåser, Thise

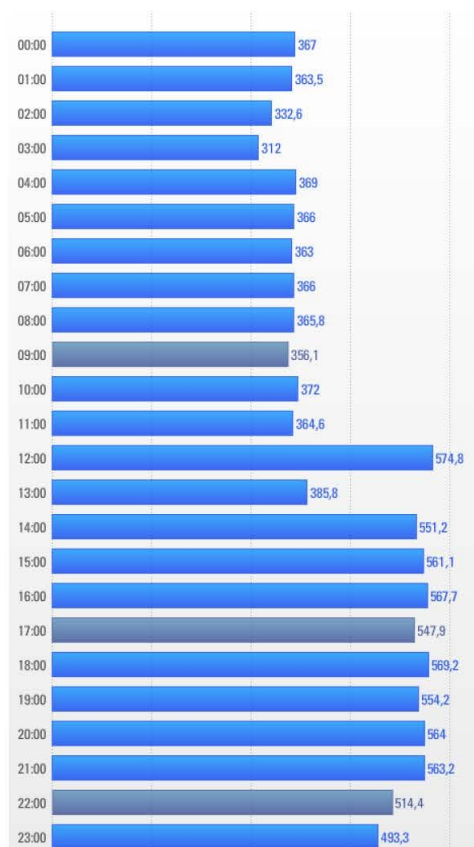
Kategori: Renew		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Thise		Leverandør: ÅF	
Partnere: DHI			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	 
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

4.2.1 Baggrund og motivation

I mange pumper bliver pakdåsen holdt tæt med vand, hvilket samtidigt virker kølende. Et minimums vandforbrug er specificeret af producenten, for at opretholde den lovede levetid. Mange pumper er tilsluttet direkte til vandforsyningen, og er kun reguleret med en simpel kuglehane. Det er muligt at indstille flowet med denne hane, men utilsigtede påvirkninger har ofte stor indflydelse på flowet. Ligeledes er det ikke sikkert at flowet bliver indstillet korrekt efter servicering af pumpen, når kuglehanen bruges til at slukke for vandforsyningen.

Vandforbruget blev ikke registreret frem til januar 2015, hvor der kom online måling på. Dette mangelfulde overblik på vandforbruget betød, at en eventuelt påvirkning af hanen kunne være ubemærket over længere tid. Ved indføring af konstantflow-ventil vil der blive leveret et stabilt flow, selv med varierende vandtryk. Disse ventiler findes med forskellige flowmængder, som bevirker, at vandforbruget vil stemme overens med producentens normerede flowmængde.

Figur 4.1 viser et eksempel på døgnudtræk med vandforbruget for UF-390 for 19/2-15. Af eksemplet ses det, hvorledes vandforbruget forud for konstantflow-ventilerne nemt kunne blive ændret som følge af en utilsigtet påvirkning af hanerne. På figuren varierer vandforbruget fra ca. 370 liter i timen til omkring 560 liter i timen fra en time til en anden.



FIGUR 4.1 VANDFORBRUG VED VANDSKYL PÅ UF-390. DØGNUDTRÆK FRA DEN 19/2-15 (EBUTLER.DK).

4.2.2 Gennemførte aktiviteter

Online måling

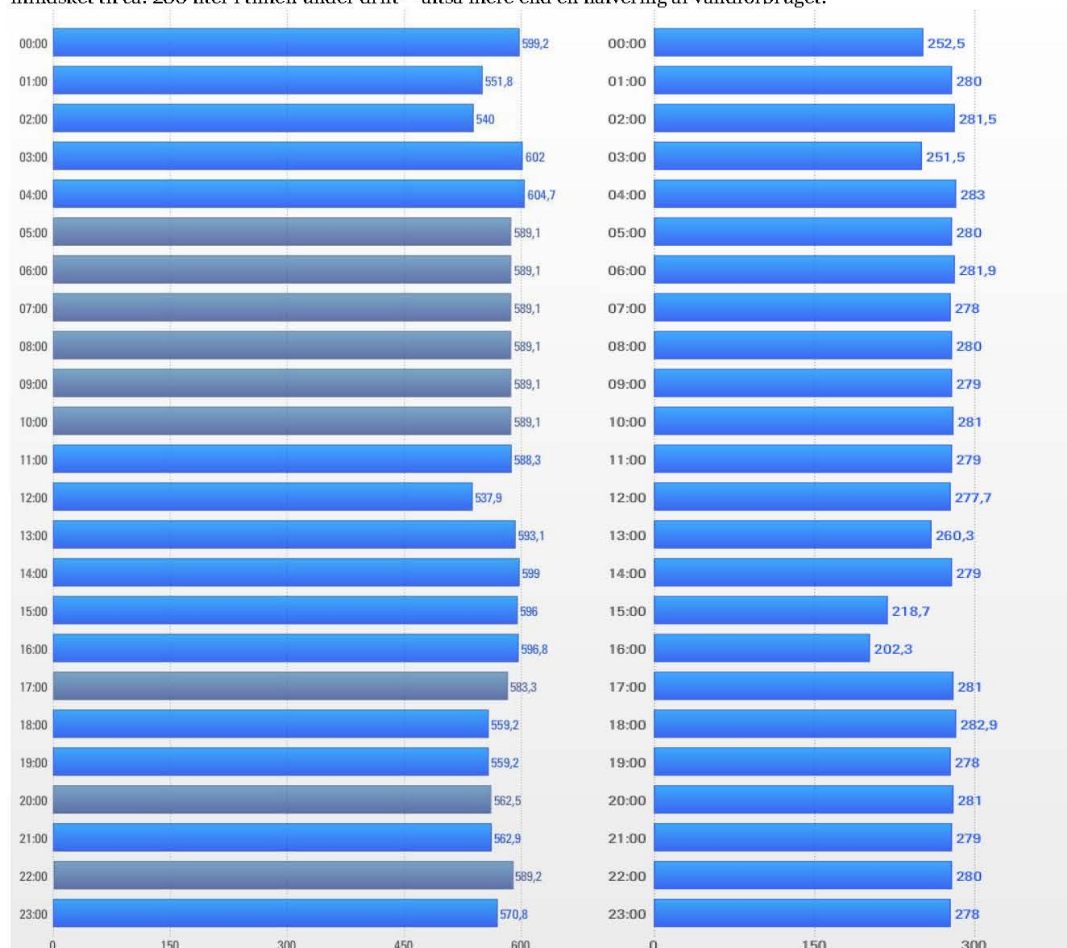
I forbindelse med, at Thise mejeri indførte online måling, blev det muligt at overvåge vandforbruget på eButler.dk. Denne online måling gjorde det muligt for ansatte at følge med i, om vandforbruget var for højt eller for lavt, og efterfølgende regulere på hanen. Denne online-måling blev indført, inden ventilerne blev installeret.

Ventil-installation

Ventilerne minimerer unødvendigt vandforbrug samt sikrer, at det minimale vandforbrug, som pumpen kræver, bliver tilført.

4.2.3 Resultater

Figur 4.2 viser døgnudtræk fra vandforbruget ved vandskyl på UF-390, mellem hhv. den 3/2-15 og den 23/3-15, hvor hver søjle repræsenterer en time. Inden ventilen blev indført, var gennemsnitsforbruget under drift ca. 600 liter i timen. Efter installation af ventilerne blev gennemsnittet mindsket til ca. 280 liter i timen under drift – altså mere end en halvering af vandforbruget.

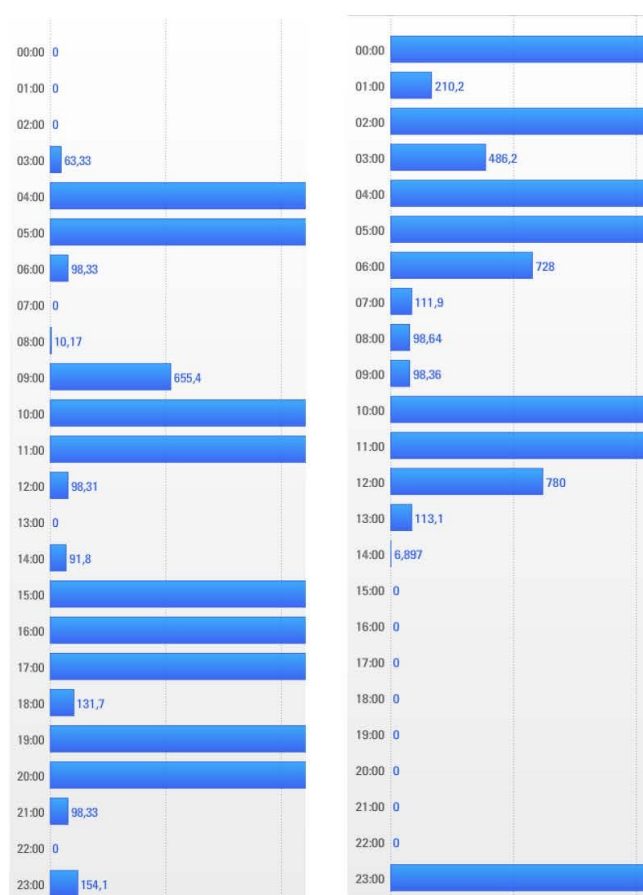


FIGUR 4.2 OVERSICHT OVER VANDFORBRUG VED VANDSKYL PÅ UF-390. DØGNUDTRÆK FRA DEN 3/2-15 OG DEN 23/3-15 (EBUTLER.DK).

Der er kun kendskab til målinger efter online monitoringen blev indført, hvilken også har gjort det muligt for Thise mejeri at regulere, når det er observeret et for højt forbrug.

4.2.4 Vurdering

Vandbesparelsen er svær at angive som et generelt erfaringstal, da besparelsen afhænger af før-forbruget. Som det er vist i Figur 4.1, kan før-forbruget variere betydeligt - alt efter den manuelle indstilling. Hvor godt, det oprindelige vandforbrug er indstillet af anlægsleverandøren, viser noget om, hvor meget fokus den pågældende leverandør har på vandeffektivitet. Et eksempel på dette er vist i Figur 4.3, hvor det samlede vandforbrug på UF-391 er vist.



FIGUR 4.3 OVERSIGT OVER VANDFORBRUG PÅ UF-391, HVOR DER VISES VANDSKYL PÅ PAKDÅSER. FØR OG EFTER INSTALLATION AF KONSTANT FLOW VENTIL. DØGN UDTRÆK FRA HHV. DEN 3/12-15 OG DEN 4/2-16 (EBUTLER.DK).PAKDÅSEFORBRUGET KAN AFLÆSES I PERIODERNE MELLEM DE HØJE FORBRUG DER ILLUSTRERER TOTAL RENGØRING AF ANLÆGGET.

Vandforbruget til pakkåserne kan på figuren aflæses i perioderne mellem de høje forbrug, der svarer til forbruget ved total rengøring af anlægget. Før monteringen af konstantflow-ventilerne lå vandforbruget til pakkåser omkring 98 L/time, hvilket også svarer til forbruget efter installation. Leverandøren har altså i dette tilfælde været opmærksom på at indstille vandforbruget efter pumpernes specifikationer. Herved var der i dette tilfælde ingen umiddelbar vandbesparelse ved







montering af ventilerne på UF-391 – og fordelten var således primært, at der var sikring for tilførsel af tilstrækkeligt vand og sikring mod fremtidig manuel påvirkning til unødvendigt overforbrug af vand.

I tabellen nedenfor benyttes februar 2015 som før-måned og april 2015 som efter-måned ved udregning af vandbesparelsen på UF-390. Ud fra dette opnås der en besparelse på 4,6 m³/dag alene på UF-390 ved at installere konstantflow-ventiler. Den samlede besparelse på hele mejeriet ved at montere disse ventiler, kan ikke bestemmes eksakt, da det kræver specifikke målinger før og efter monteringen. Besparelsen kan dog erfaringsmæssigt estimeres til mellem 25 og 50% af pumpernes normerede vandforbrug. Da der er flere anlæg hos Thise vil den samlede vandbesparelse være større for hele mejeriet.

Foruden den direkte vandbesparelse er der også store besparelser på driften, da konstantflow-ventilerne sørger for, at pumpernes minimums vandforbrug er overholdt. Dette medfører, at levetiden for pumpens pakninger bliver forlænget i forhold til drift ved et for lavt vandflow.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	10,6 m ³ /dag.	6,0 m ³ /dag.	4,6 m ³ /dag = 1.150 m ³ /år, svarende til knap 1 % af det totale vandforbrug. Data for ét UF anlæg.
Økonomisk besparelse af vandforbrug	264 kr/dag	149 kr/dag	28.750 kr ved vandpris på 25 kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			
Investering		45.000 kr	

4.3 Reduktion af vandforbrug til pumpe-tætningsskyl, Them

Kategori: Renew		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Them		Leverandør: AES Seal	
Partnere: Domerit			
Vandbesparelser-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

4.3.1 Baggrund og motivation

Them Andelsmejeri producerer gul ost og har en mælkeindvejning på ca. 60 mio kg/år. Them har et stort antal pumper, der alle har tætningsskyl med rent vand. Vandet afledes til kloak. Ved at erstatte tætningsskyllet med en fast vandmængde, der recirkuleres over en tryktank, kan dette vandforbrug stort set elimineres.

4.3.2 Gennemførte aktiviteter

Der er monteret skyl via trykbeholder på 20 pumper, og der er kørt test. Systemerne er nu i normal drift. Med det nye system og akseltætning recirkuleres vandet i et lukket system, og der ledes således ikke vand til afløbssystemet. Der er målt vandforbrug på de nye tætningsskyl.

4.3.3 Resultater







Målingerne viser en besparelse på cirka 250 m³/år pr pumpe, dvs i alt 5.000 m³/år. Vandforbruget til tætningsskyl i de 2 pumper er reduceret til under 5 m³/år totalt. Vandet, der recirkuleres, indgår i mejeriets overvågningsprogram, og der udtages regelmæssigt prøver til analyser for at sikre, at vandkvaliteten er tilfredsstillende.

4.3.4 Vurdering

Den umiddelbare tilbagebetalingstid ligger på godt 3 år, hvis man udelukkende ser på besparelsen for vand og aflledning. Det forventes dog også, at pumpetætningerne får en længere holdbarhed med det nye system, da tætningsfladerne nu kører på en ren vandfilm. Dermed fås både en besparelse på reservedele og timeforbrug til vedligehold. Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at sætte beløb på denne besparelse.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	5.000 m ³	< 5 m ³	5.000 m ³ , svarende til 6,4% af årligt vandforbrug
Økonomisk besparelse af vandforbrug			200.000,-kr/år ved en vandpris på 40kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			Positiv, men omfanget ikke dokumenteret
Investering		579.940 kr	

4.4 Øget overvågning og styring af nyt CIP anlæg, Them

Kategori: Renew		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Them		Leverandør: Mogren, Au2mate	
Partnere: Them			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

4.4.1 Baggrund og motivation

Them Andelsmejeri er et mindre dansk mejeri, der producerer gul ost, med en samlet mælkeindvejning på ca. 60 mio kg/år. Vandforbruget er ca. 78.000 m³/år. Mejeriet er et ældre mejeri, som over flere gange er blevet udvidet og opgraderet. Da et ældre et-kammers CIP-anlæg skulle skiftes til nyt og moderne anlæg i forbindelse med en udvidelse, var der et ønske om øget overvågning samt styring af dette anlæg.

4.4.2 Gennemførte aktiviteter

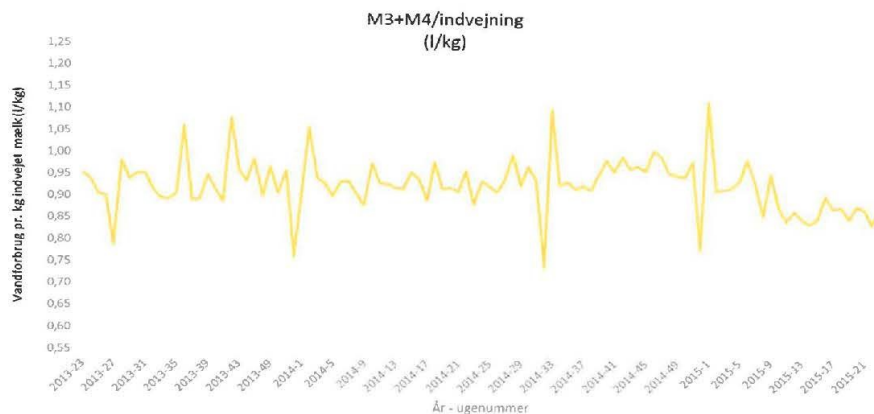
I forbindelse med bl.a. etablering af nye råmælkstanke er det gamle et-kammers CIP anlæg blevet erstattet af et nyt og større anlæg. Både tanke og CIP anlæg er monteret og det nye anlæg er under den afsluttende fase af indkøringen. Ud over at have en bedre vand- og driftsøkonomi, er anlægget indrettet således, at den del af forskyll, som er produkt, bliver opsamlet. Dette giver en bedre udnyttelse af den indvejede mælk. Desuden opnås der en besparelse på spildevandsregningen, da mængden af COD ledt til kloak mindskes.

Ønsket om øget overvågning og styring af CIP anlægget har betydet, at processerne monitoreres på turbiditet og ledningsevne. På baggrund af erfaringsbaserede setpunkter muliggør denne monitoring, at man specifikt kan separere mælkeråvarer til genvinding fra forskyll samt minimere vand-, energi- og kemikalieforbruget i de øvrige CIP trin. Kemikalieforbruget optimeres ved styret recirkulering af syre og base baseret på ledningsevne måling indstillet på erfaringsbaserede setpunkter. Der er monteret ledningsevne måler på de tre returstreng og på recirkulering af hhv. syre og base.

4.4.3 Resultater

Tidligere blev den lud og syre, der blev brugt til CIP ledt til afløbssystemet. Med det nye CIP-anlæg genbruges både lud og syre – dette giver kemikaliebesparelse. Vand fra sluts skyl anvendes til startskyl og mellemskyllet er minimeret, hvilket giver en vandbesparelse i forhold til tidligere. Der er god energibesparelse idet, både vand og kemikalier genbruges fra seneste vask. Årsagen til dette er, at både vand og kemikalier henstår varme fra seneste vask ved 80 grader. I det tidligere system skulle alt opvarmes fra lavere temperaturer – i dette tilfælde vandforsyningstemperaturen på ca. 8 grader – til de 80 grader.

Både før og efter installationen af det nye CIP anlæg er vandforbruget til CIP blevet aflæst på ugebasis. Før det nye anlæg blev taget i brug, lå vandforbruget på ca. 0,95 L/kg indvejet mælk. Under den efterfølgende indkøring blev der registreret et forbrug på ca. 0,86 L/kg indvejet mælk. Dette giver på årsbasis en vandbesparelse på ca. 5.400 m³/år ved en indvejet mælkemængde på ca. 60.000.000 kg. Ud over vandbesparelsen er der også besparelser på energi og kemikalier, som endnu ikke er kvantificeret. Variationerne i vandforbruget til CIP kan ses i Figur 4.4.



FIGUR 4-4 VANDFORBRUG TIL CIP FØR/EFTER UDSKIFTNING AF GAMMELT ANLÆG.

4.4.4 Vurdering






Med udskiftning af det gamle et-kammers CIP anlæg til et nyt med øget overvågning og styring, er det lykkedes Them mejeri at reducere vandforbruget til CIP med ca. 5.400 m³/år svarende til 6,9%

af mejeriets samlede årsforbrug. Det kan derfor give store besparelser at skifte ældre CIP anlæg ud med nye anlæg med fokus på vandeffektivitet.

Besparelser i energi og kemikalier samt arbejdstimer er endnu ikke kvantificeret, da disse estimerer nødvendigvis må baseres på længere tids driftserfaringer i det konkrete tilfælde og vil variere meget fra virksomhed til virksomhed.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vand forbrug	0,95 L/kg mælk	0,86 L/kg mælk	Ca. 5.400 m ³ /år, svarende til 6,9% af totalforbrug (78.326 m ³ /år)
Økonomisk besparelse af vandforbrug			216.000 kr ved en vandpris på 40 kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			Ikke estimeret
Investering		1,3 mio. kr. (ekstra investering for at øge vandeffektiviteten)	

4.5 Pladekøler i stedet for skrabekøler på UF 390, Thise

Kategori: Renew		Projekt-type: Udviklingsprojekt	
Mejeri: Thise		Leverandør: SPX, JOM	
Partnere: SPX			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	\$\$\$
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

4.5.1 Baggrund og motivation

UF-390 er et ældre anlæg, hvor der bruges 5 skrabevkslere til køling af produktet. Disse veksler er hver forsynet med motor/gear, hvor der bruges vand til pakdåseskyl. Desuden er der et stort elforbrug til disse motorer. Selve opsætningen er også meget vedligeholdelsestung, da der er mange bevægelige dele, hvilket medfører et stort slid. Ved at benytte pladevekslere i stedet kan vandforbruget til pakdåseskyl reduceres, og energi- og vedligeholdelsesomkostninger bliver samtidig kraftigt reduceret.

4.5.2 Gennemførte aktiviteter

UF anlæg 390 er blevet ombygget fra at bruge skrabevkslere til i stedet at bruge pladevekslere, hvilket har medført, at vandforbruget til pakdåseskyl til skrabevkslerne er blevet fjernet, ligesom energiforbruget og vedligeholdelsesomkostninger til vekslerne motorer/gear blevet fjernet.

4.5.3 Resultater

I Figur 4.5 er vist døgnudtræk for vandforbruget til vandskyl på pakdåserne. Vandforbruget før og efter udskiftningen af skrabevksler til pladeveksler er hhv. ca. 245 L/time og ca. 90 L/time. Dette svarer til en reduktion på ca. 2/3 af vandforbruget. Det skal dog bemærkes, at før-forbruget er

angivet efter installation af konstant vandflow-ventiler, hvilket allerede havde reduceret det oprindelige forbrug.

4.5.4 Vurdering

Ud fra den registrerede vandbesparelse vil tilbagebetalingstiden blive over 8 år ved en samlet vand- og spildevandspris på 25 kr/m³. Når energibesparelsen og de reducerede omkostninger til vedligehold tages med i udregningen, vil tilbagebetalingstiden blive omkring 1 år. Med udgangspunkt i dette vurderes det derfor, at en opgradering af ældre UF anlæg med skrabevekslere til i stedet at bruge pladevekslere, er fordelagtig. Udbredelsespotentialet gælder ikke kun for UF-anlæg, men i princippet alle typer anlæg, hvor der bruges skrabevekslere.









FIGUR 4.5 DØGNUDTRÆK AF VANDFORBRUGET TIL VANDSKYL PÅ PAKDÅSER FOR UF-390, HHV. 16/2-16 OG 21/3-16 (EBUTLER.DK). TIL VENSTRE VISES FØR-FORBRUGET VED SKRABEVEKSLER, OG TIL HØJRE VISES EFTER-FORBRUGET VED PLADEVEKSLERE.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	245 L/time	90 L/time	1.350 m ³ /år ved fuld kapacitet, svarende til ca. 1% af det årlige totalforbrug (139.318 m ³ /år)
Økonomisk besparelse af vandforbrug			33.750 kr/år ved 25 kr/m ³
Økonomisk besparelse af energi og arbejdstimer			Energi: 73.000 kWh/år Vedligehold: 75.000 kr/år
Investering		275.000, kr	

5. Reuse

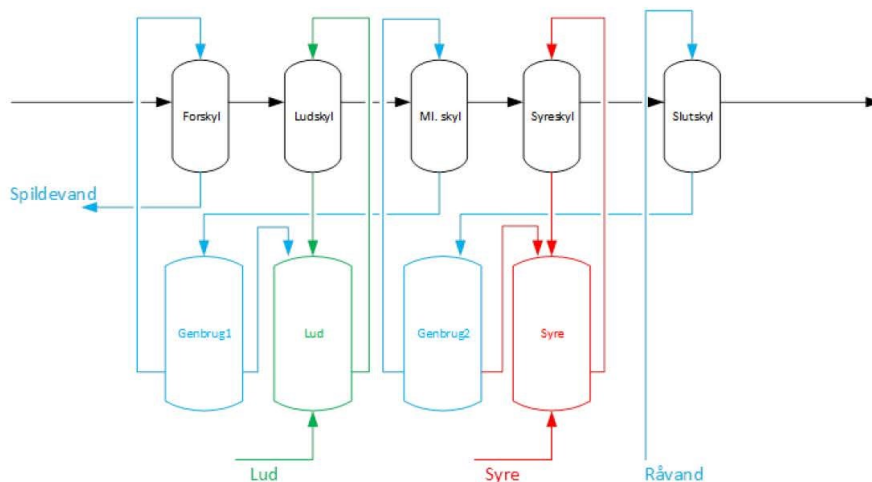
5.1 Genbrug af mellem- og sluts skyl på CIP, Thise

Kategori: Reuse		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Thise		Leverandør: Aquatic Food Factory	
Partnere: DHI			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

5.1.1 Baggrund og motivation

Der er et generelt ønske på Thise mejeri om at reducere det samlede vandforbrug. Dette skyldes, at afledningen af spildevandet går til eget rensningsanlæg og opbevares efterfølgende i en lagune inden det kan udsprede på de lokale marker. Denne lagune har en begrænset kapacitet, som især nås, hvis vinteren er lang, og der ikke kan udsprede på markerne. Det er derfor kun muligt at udvide produktionen, hvis den samlede spildevandsmængde ikke stiger. Da der laves mange forskellige produktkategorier på mejeriet af både konventionel og økologisk mælk, udføres der dagligt 143 CIP i gennemsnit. Det er derfor oplagt at optimere på vandforbruget til CIP anlæg, da de står for ca. 33 % af mejeriets samlede vandforbrug.

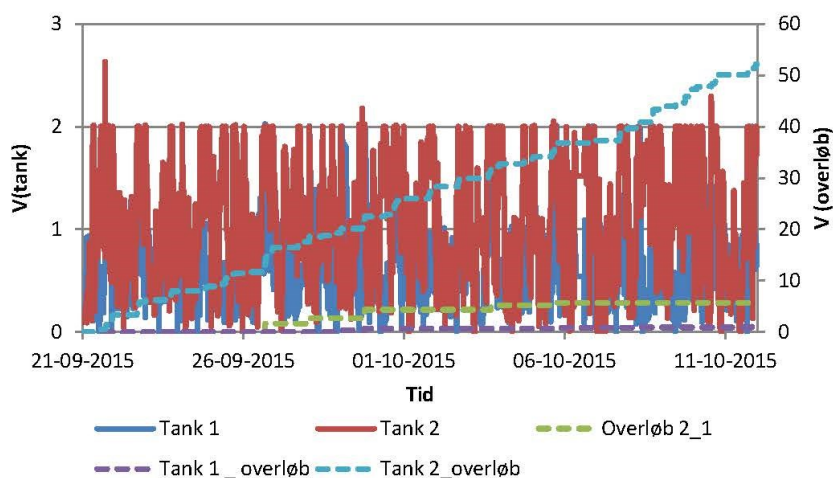
Ønsket er at opsamle og genanvende mellem- og sluts skyl til hhv. for- og mellemskyl, altså et modstrømsprincip hvor det reneste vand (sluts skyllet) genbruges modsat rengøringstrinnene. Dette betyder, at vandforbruget kan reduceres, da sluts skyllet bruges til mellemskyl, som igen bruges til forskyl. Det er dog nødvendigt at opbevare de opsamlede faser indtil de skal bruges. Dette princip er illustreret på Figur 4.1 herunder. Ligeledes bruges de opsamlede faser til at fylde kemitankene. Da der vil være rester af lud og syre i hhv. mellem- og sluts skyllet, vil dette medføre en besparelse på kemikalier hertil.



FIGUR 5.1 PRINCIPTEGNING FOR GENBRUG AF CIP SKYLLEFASER I ET MODSTRØMS KONCEPT.

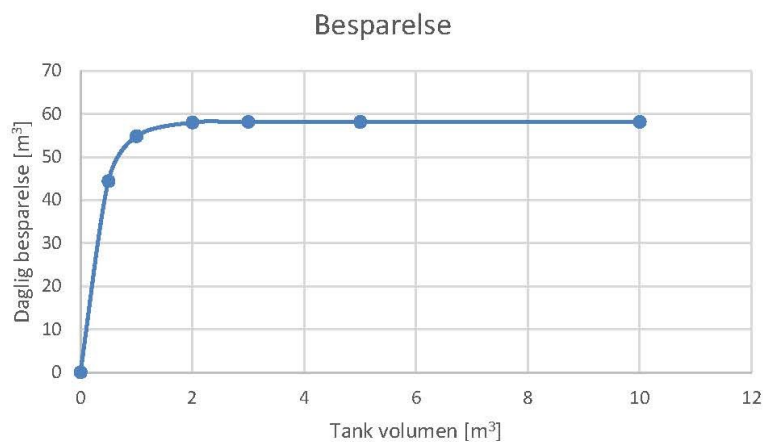
5.1.2 Gennemførte aktiviteter

Med udgangspunkt i driftsloggene fra CIP styring er der på baggrund af dataudtrækket for uge 39 til 41 i 2015, lavet en simpel modellering over døgnvariationerne i antallet af CIP og mængden af vand brugt til hver fase. Denne model er brugt til at bestemme de nødvendige tankstørrelser til hhv. opsamlet mellem- og slutskyl. Ligeledes er overløb fra begge tanke beregnet. Desuden medtages behovet for opfyldning af lud- og syretanke med hhv. opsamlet mellem- og slutskyl. Niveauerne i de to tanke er illustreret i Figur 5.2 herunder, hvor begge tankstørrelser er afstemt til 2 m³ hver.



FIGUR 5.2 MODELLERING AF NØDVENDIG TANKSTØRRELSE FOR GENANVENDELSE AF SKYLLEFASER

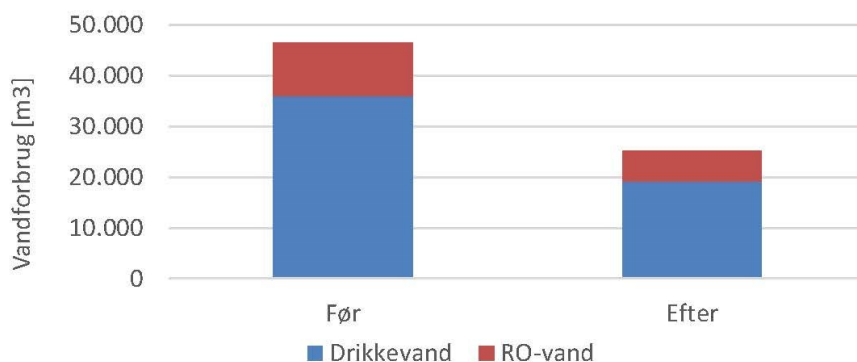
For at bedømme hvornår en tank var stor nok, er der også lavet en følsomhedsvurdering af tankstørrelserne. Baggrunden for disse beregninger er, at prisen for en tank stiger med dens volumen, hvorved den sidste sparede liter måske vil være dyre i form af tankmateriale, end kostprisen for selve vandet. På Figur 5.3 herunder er vist følsomheden for tanke med ens størrelse, hvilket viser at der er en minimal stigning i den daglige besparelse ved tankstørrelser over 2 m³, hvorfor denne tankstørrelse er valgt.



FIGUR 5.3 FØLSOMHEDSVURDERING AF TANKSTØRRELSER. HER ILLUSTRERET MED ENS TANKSTØRRELSER.

5.1.3 Resultater

Med en opsætning som den vist i Figur 5.1, er der beregnet en potentiel gennemsnitlig daglig besparelse på 58 m³, fra et før-forbrug på 127 m³. Dette svarer til en reduktion på ca. 45%. Det er dog nogle gange nødvendigt at tage ekstra vand ind til for- og mellemskyl, da der ikke altid er nok opsamlet vand tilstede. Dette vand vil primært blive tilføjet i form af RO-permeat, ellers er det drikkevand. Dette ekstra vandindtag er dog medregnet i den daglige besparelse. Ekstrapoleres den daglige besparelse, giver det en årlig besparelse på ca. 21.200 m³/år, svarende til en reduktion i mejeriets samlede vandforbrug på 10,4%. Den estimerede reduktionen i vandforbruget til CIP kan ses i Figur 5.4. Dette giver en årlige besparelses på ca. kr. 530.000, ved en samlet kostpris for vandet på 25 kr./m³.



FIGUR 5.4 DET ÅRLIGE CIP BESPARELSESPOTENTIALE VED IMPLEMENTERING AF MODSTRØMS-KONCEPTET.







5.1.4 Vurdering

Dette koncept har stor indflydelse på vandeffektiviteten af et CIP anlæg, da der er en stor besparelse at hente ved at genbruge vandet baglæns gennem CIP trinnene. Det skal dog bemærkes, at størrelsen af opsamlingsstankene kan variere meget alt efter antallet af CIP, samt længden mellem opsamlingsstidspunktet og brugstidspunktet. Alene de reducerede omkostninger til vand, giver en tilbagebetalingstid på udvidelsen på ca. 2 år. Ydermere er det i Thise mejeris tilfælde muligt gennem vandbesparelsen at udvide produktionen og derigennem øge indtjeningen, da belastningen på lagunen er reduceret.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vand forbrug	127 m ³ /dag	69 m ³ /dag (estimeret)	14.500 m ³ /år, svarende til 10,4% af det årlige totalforbrug (139.318 m ³)
Økonomisk besparelse af vandforbrug			362.500 kr/år ved en vandpris på 25kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			Ikke estimeret
Investering		1.050.000 kr	

6. Recycle

6.1 RO-vand til forskyl og sluts kyl CIP 10, Arla Taulov

Kategori: Recycle		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Arla Taulov		Leverandør: EH Industrimontage	
Partnere: Ecolab			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

6.1.1 Baggrund og motivation

Den indvejede mælkemængde på Taulov mejeri udgør ca. 550 mio kg mælk pr år eller ca 1,5 mio kg mælk pr dag. Der produceres ca. 55.000 tons ost pr år. Taulov bruger ca 750.000 m³ vand årligt.

Taulov Mejeri har 10 CIP anlæg, som bruges til rengøring af forskellige units. Jævnfør mejeriets energi mapping udgør CIP ca. 23 % af det samlede energiforbrug, hvor hovedparten af forbruget går til opvarmning af vand. Af det samlede vandforbrug udgør CIP ca 50 %.

Taulov Mejeri har daglig 1100 m³ RO-vand, som idag kun udnyttes med ca 350 m³ - de resterende ca. 750 m³ ledes til dræn. Mejeriet har derfor analyseret det øvrige vandforbrug med henblik på at identificere muligheder for at lokalisere de CIP, hvor der ikke anvendtes RO-vand til skyl. På den måde er CIP10 valgt.

6.1.2 Gennemførte aktiviteter

De nødvendige rørføringer m.v. er installeret, og der er kørt forsøg. Investeringen består af ca 300 meter rør fra det eksisterende rørsystem og består af 2 stk 4" rør med ventiler og styring. Rør-trækket renses med CIP hver 14. dag for at holde bakteologien nede, da der pga det resterende indhold af organisk stof i RO-vand opbygges biofilm over tid. Derfor skal anlægget være CIP-bart. Investeringen indholder derfor også et CIP program for det forlængede rørtræk - herunder pulsninger af ventiler.

6.1.3 Resultater

På grund af trykstød i rørsystemet opstod der under forsøgskørslerne ind i mellem defekter, som gav anledning til justeringer. På baggrund af de indvundne erfaringer blev rørsystemet redesignet og endeligt taget i brug i efteråret 2016.

CIP 10 dækker saltreolvask på både osteri 2 og osteri 3. Reolerne vaskes hver anden gang efter brug. CIP10 bruger ca 90 m³ pr. dag. RO-vand har hidtil været afledt til rensning, men kan i stedet







erstatte råvand til forskyl og slutsyl på CIP10. Dermed spares både indkøb af råvand og afledningsafgift.

6.1.4 Vurdering

Tilbagebetalingstiden for denne løsning til øget vandeffektivitet vurderes til at være lidt under et år.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	32.400 m ³ /år råvand	32.400 m ³ /år RO-vand	32.400 m ³ /år råvand, svarende til 4,3% af totalforbrug (760.000 m ³ i 2015)
Økonomisk besparelse af vandforbrug			648.000,- kr/år ved en vandpris på 20kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			
Investering		567.595,-kr	

6.2 RO-vand til forskyl af CIP4, kølevandspasteur og formvask, Arla Taulov

Kategori: Recycle		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Arla Taulov		Leverandør: EH Industrimontage	
Partnere: Ecolab			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

6.2.1 Baggrund og motivation

Den indvejede mælkemængde på Taulov mejeri udgør ca. 550 mio kg mælk pr år eller ca 1,5 mio kg mælk pr dag. Der produceres ca. 55.000 tons ost pr år. Taulov bruger ca 750.000 m³ vand årligt.

Projektet handler om at anvende RO vand til forskyl og til køling af ost. Oste køles normalt ca 24 timer i kølevand, inden den videre proces. Kølingen foregår i store kølekar på reoler.

RO-vand har hidtil været afledt til rensning, men kan i stedet erstatte råvand til forskyl på CIP4 samt vask af forme og køling af oste. Dermed spares både indkøb af råvand og afledningsafgift. Taulov Mejeri har 10 CIP anlæg, som bruges til rengøring af forskellige units. Jævnfør mejeriets energi-mapping udgør CIP ca. 23% af det samlede energiforbrug, hvor hovedparten af dette forbrug går til opvarmning af vand. Af det samlede vandforbrug udgør CIP ca 50%. Taulov bruger ca 750.000 m³ vand årligt. Taulov Mejeri har daglig 1.100 m³ RO-vand, som idag kun udnyttes med ca 350 m³ -de resterende ca. 750 m³ ledes til dræn. Det øvrige vandforbrug er derfor analyseret, og det blev fundet, at der var en mulighed for at se nærmere på de CIP, hvor der ikke blev anvendt RO-vand som forskyl, nemlig CIP4, kølevandspasteur, formvasker 2 og formvasker 3. Forbruget på de nævnte units er ca 210 m³ pr. dag. (CIP4=80 m³ pr. dag, Kølevandspasteur= 85 m³ pr. dag, Formvask 2= 20 m³ pr. dag, Formvask 3= 30 m³ pr. dag).

6.2.2 Gennemførte aktiviteter

Investeringen består af ca 250 meter rør, fra det eksisterende rørsystem og udgøres af 2 stk 4" rør med ventiler og styring. Rør-trækket renses med CIP hver 14. dag for at holde bakteologien nede, da der pga rest-indholdet af organisk stof i RO-vand opbygges biofilm over tid. Derfor skal anlægget være CIP-bart. Investeringen omfatter derfor også et CIP program for det forlængede rørtræk - herunder pulsninger af ventiler. Projektet er idriftsat 01/02/2016.

6.2.3 Resultater

Systemet fungerer helt som forventet og indgår i den daglige drift.







6.2.4 Vurdering

Tilbagebetalingstiden er under 4 måneder.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	77.400 m ³ /år råvand	77.400 m ³ /år hvor råvand er erstattet med RO-vand	77.400 m ³ /år råvand, svarende til 10,2% af totalforbrug. (760.000 m ³ i 2015)
Økonomisk besparelse af vandforbrug			1.548.000,- kr/år ved en vandpris på 20kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			Ikke estimeret
Investering (ventil, fittings, software mm.)		469.834,- kr	

7. Reclaim

7.1 RO-vand til anvendelse til erstatning for vandforsyningsvand, Thise

Kategori: Reclaim		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Thise mejeri		Leverandør: Aquatic Food Factory	
Partnere: DHI			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

7.1.1 Baggrund og motivation

I forbindelse med osteproduktionen udtrækkes store mængder valle fra ostemassen. Vallen består hovedsageligt af vand med små mængder af proteiner og laktose. Proteinerne og laktosen kan trækkes ud af vallen og efterfølgende bruges som højværdi-stoffer. Denne udvinding foregår ikke på mejeriet, og for at mindste transportomkostningerne opkoncentreres vallen over en RO membran. Valle-permeat fra denne opkoncentrering har et mindre indhold af protein og laktose, hvilket gør at væsken ikke kan opbevares til senere brug. Hidtil har dette RO-vand været anvendt som styrevand på centrifuger og i visse tilfælde ved CIP. Pga. den manglende mulighed for opbevaring har det dog krævet, at opkoncentreringen er foregået samtidigt med at det kunne anvendes. Har det ikke været muligt at anvende RO-vandet straks, er det blevet ledt til kloak.

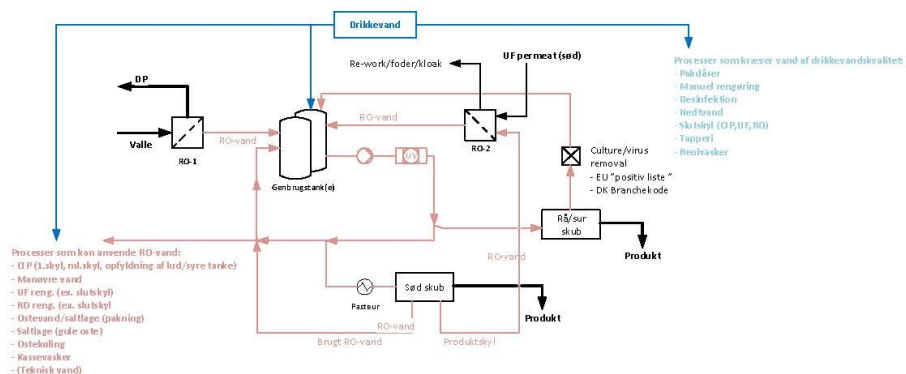
I forbindelse med en større udvidelse og behandling af ikke-opkoncentreret valle fra andre mejerier, har der været et ønske om at kunne anvende det yderligere producerede RO-vand og derved erstatte brugen af drikkevand på yderligere enheder, da udledningen til kloak belaster lagunen utilsigtet. Mængden af RO-vand stiger fra ca. 15.000 m³/år (ca. 11.000 m³ udnyttes) til ca. 40.000 m³/år, hvilket vil give et overskud i nærheden af 30.000 m³/år.

7.1.2 Gennemførte aktiviteter

For at kunne anvende det ekstra RO-vand, har det været nødvendigt at identificere og vurdere på hvilke enheder det nuværende forbrug af drikkevand sikkert kunne erstattes af RO-vand. Ligeledes har det været nødvendigt at udtænke en sikker metode, hvormed det vil være muligt at forlænge *levetiden* af det producerede RO-vand inden anvendelse.

Til opbevaring af RO-vandet opstilles en/flere genbrugstanke, hvor der monteres et UV-anlæg på aftagssiden, så alt RO-vand, der trækkes fra disse tanke bliver UV-belyst inden brug. For at undgå rørstreng med stillestående RO-vand, hvor der kan komme vækst, bliver RO-vandet recirkuleret og ledt tilbage til genbrugstankene via en ringledning. For at undgå stillestående RO-vand i stikledninger, er ringledningen ført så tæt på modtageren som muligt. Et koncept med denne

ringledning er illustreret i Figur 7.1. Det vil dog stadig være muligt at bruge drikkevand på de tilsluttede enheder - dog vil dette være som en automatisk backup funktion.



FIGUR 7.1 KONCEPT FOR RECIRKULERING OG UDNYTTELSE AF PRODUCERET VALLE-PERMEAT.

7.1.3 Resultater

Med udgangspunkt i den forventede produktion er der udvalgt enkelte processer/enheder, som skal tilsluttes ringledning. Disse er alle placeret forholdsvis tæt på hinanden, så ringledningens samlede længde – og dermed omkostninger – reduceres. På Figur 7.2 er listet de udvalgte enheder/processer, som skal tilsluttes ringledningen. Dette er udover CIP og centrifuger primært pasteurerne, men RO-vandet bruges også til rengøring af selve RO-anlæggene undtagen slutskyll. Vandforbruget til CIP afhænger af implementeringen af løsningen nævnt i afsnit 5.1.

Enhed/process	Produceret [m³/mnd.]	Forbrug [m³/mnd.]
Totalt produceret RO-vand	3333	
Centrifuge		650
Hente CIP		120
Pasteur201		270
Pasteur202		44
Pasteur203		80
Pasteur204		40
Pasteur205		240
Pasteur206		66
Pasteur207		48
Pasteur208		20
Pasteur slam		10
RO1 rengøring		100
RO2 rengøring		200
Overskud RO-vand (til CIP)	1445	
CIP	495	
Resterende overskud	950	

FIGUR 7.2 OVERSIGT MED FORBRUGERE TIL RINGLEDNINGEN MED RO-VAND. DETTE ER INKL. FORBRUGET TIL CIP.

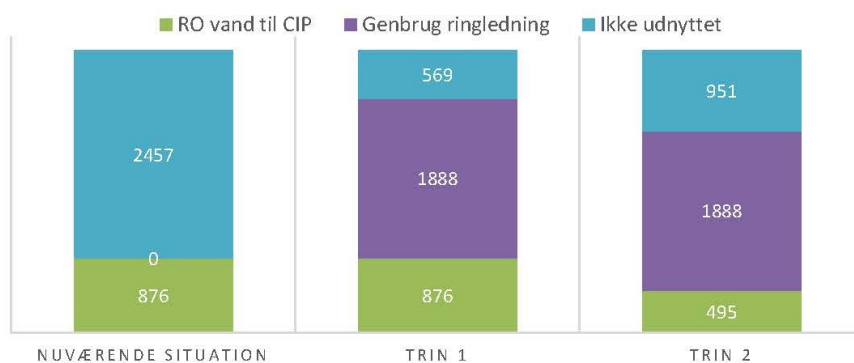
I Figur 7.3 er listet tre udviklingstrin for brugen af RO-vandet fra ringledningen. Det nuværende trin viser, at der vil være et overskud af RO-vand på ca. 2.460 m³/måned, hvis ringledningen ikke indføres. Trin 1 er efter opførelsen af ringledningen, hvorved der bruges ca. 1.890 m³/måned til enheder/processer listet i Figur 7.2, hvilket giver et overskud af RO-vand på ca. 570 m³/måned. I

trin 2 er løsningen i afsnit 5.1 blevet implementeret. Behovet for RO-vand til CIP mindskes dermed, hvilket betyder, at overskuddet af RO-vand stiger til ca. 950 m³/måned.

Ved indførelse af denne ringledning kan der opnås en besparelse på drikkevandsbehovet på ca.

1.888 m³/måned eller ca. 2.800 m³/måned, hvis der findes anvendelse af det resterende RO-vand.

Med den nuværende udnyttelsesgrad giver det en årlig vandbesparelse på ca. 22.650 m³, svarende til en økonomisk besparelse på ca. 566.000 kr./år.








FIGUR 7.3 OVERSICHT OVER FORDELING AF RO-VANDET FRA RINGLEDNINGEN VED FORSKELLIGE TRIN. TRIN 1 ER UDEN CIP OPTIMERING – TRIN 2 ER EFTER CIP OPTIMERING

7.1.4 Vurdering

Konceptet er implementeret i fuld skala, men befinder sig stadig i afprøvningsfasen. Med dette koncept er det muligt at udnytte det vand, der findes i mælken, som i forbindelse med osteproduktion udtrækkes fra ostemassen. Hvis det lykkes at holde væksten nede i ringledningssystemet, vil dette koncept være banebrydende, da RO-vandet normalt passerer over endnu en RO-membran (polisher) inden, det benyttes, hvilket er en omkostningstung procedure. De reducerede omkostninger til vand alene giver en tilbagebetalingstid omkring 16 måneder. Herudover kan mejeriets kapacitet øges og dermed indtjeningen, da belastningen på spildevandslagunen reduceres. Dette vil yderligere forbedre løsningens tilbagebetalingstid.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug			Estimeret 22.650 m ³ /år, svarende til 16,3% af det årlige totalforbrug (139.318 m ³)
Økonomisk besparelse af vandforbrug (Potentiel)			566.250 kr./år (Potentiel) (ved 25 kr./m ³)
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			
Investering		900.000kr	

7.2 BioBooster samt RO performance test, Arla Vimmerby

Kategori: Reclaim		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Vimmerby mejeri – Arla		Leverandør: Grundfos BioBooster	
Partnere: Grundfos BioBooster			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

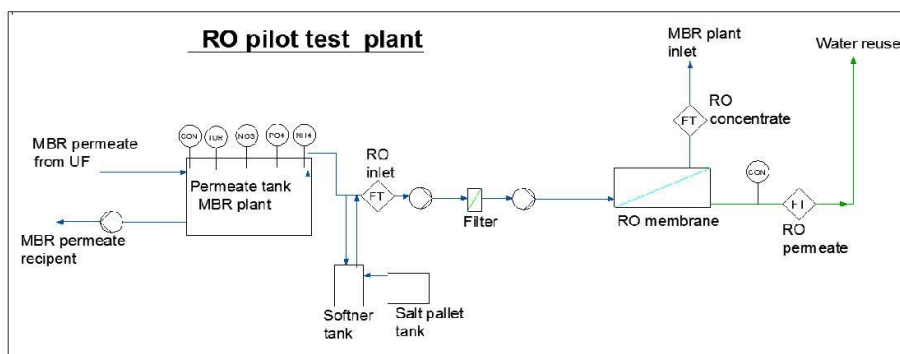
7.2.1 Baggrund og motivation

Grundfos BioBooster ønsker at undersøge muligheden for at genanvende MBR (membran bio-reaktor) permeat fra et anlæg tilknyttet et industri site. For at kunne genanvende permeatet i et bredt udsnit af tekniske applikationer er det nødvendigt at efterbehandle MBR permeatet for at fjerne opløste salte og reducere biovækstpotentialitet. Den mest udbredte teknologi hertil er omvendt osmose (RO). Grundfos BioBooster ønsker derfor som led i realiseringen af dette markedspotentiale at opnå erfaring med at drifte et RO-membran anlæg, som behandler MBR permeat.

Tidligere er der udført performance-test på Bjerringbro rensningsanlæg med gode resultater. Grundfos BioBooster ønsker i dette tilfælde at opnå erfaring med et RO-membrananlæg, der oprenser på permeat fra BioBooster anlægget tilknyttet Arla mejeriet i Vimmerby, Sverige. Vimmerby mejeri producerer mælkepulver ud fra en indvejet mælkemængde på 510 mio kg mælk pr år. Den primære anvendelse af det rensede processpildevand er planlagt til at være kedelfødevand og kølevand.

7.2.2 Gennemførte aktiviteter

Testen af RO-membrananlægget er gennemført i pilotskala over en periode på 3 måneder. RO-test anlægget var placeret sammen med MBR-anlægget på Arla mejeriet i Vimmerby. MBR permeatet blev pumpet via en slange fra MBR permeat-tanken over i RO-anlægget efter passage af et blødgøringsanlæg. Koncentratet og permeatet fra RO-anlægget blev ført tilbage til indløbet til MBR-anlægget. Et procesdiagram for testopstillingen er vist i Figur 7.4. Tilløbsflow til membrananlægget var 300 L/h, og arealet af RO membran var 8 m².



FIGUR 7.4 PROCESDIAGRAM FOR TESTOPSTILLING PÅ VIMMERBY MEJERI, ARLA.

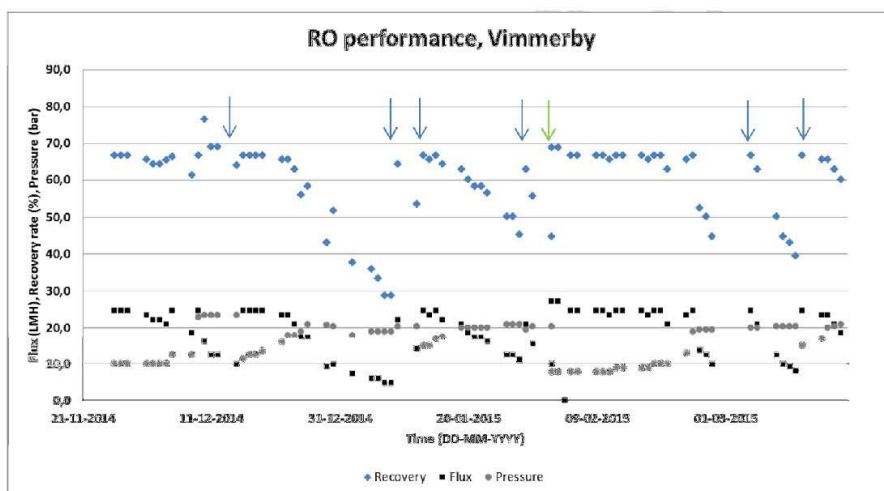
På hverdage blev følgende gjort:

- Log og check trykforskel på for-filter. Skift hvis nødvendigt
- Kontrol af luft i fødepumpe
- Log og juster RO-permeat og RO-koncentrate flow
- Log konduktiviteten på RO-permeat
- Log turbiditeten på MBR permeat
- Kontrol af salt niveauet i blødgøringsenheden
- Udtag prøver til analyse

Da RO-anlægget ikke var automatiseret, skulle fødetrykket øges manuelt, når permeatflowet faldt. Når fødetrykket kom op på maksimum, og permeatflowet fortsat faldt, er det nødvendigt at foretage en rensning af membranerne ved hjælp af en CIP-procedure. Som følge af irreversibel fouling af RO membranen var det nødvendigt at foretage et membranskifte midtvejs.

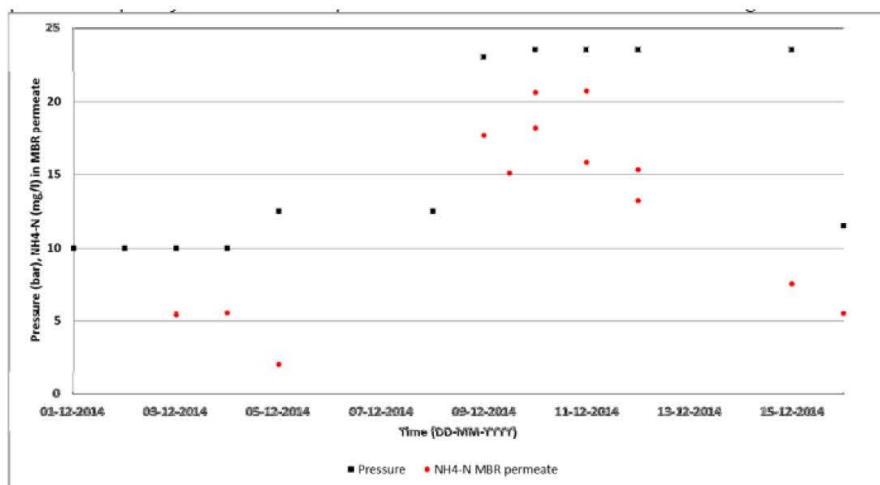
7.2.3 Resultater

I det efterfølgende afsnit er vist resultaterne fra performance-testen af RO-anlægget. Resultaterne er vist som RO-permeat flux (LMH), fødetrykket (bar) og effektiviteten (recovery i %) i Figur 7.5. Fluxen varierede mellem 24,4 LMH og 5 LMH - afhængigt af mængden af fouling og udfældning på membranen. Når det maksimale tryk blev nået, og flowet fortsat faldt, faldt effektiviteten også, hvilket kan ses på grafen. På Figur 7.5 markerer de blå pile de udførte CIP, og den grønne pil i starten af februar markerer en udskiftning af membranen.



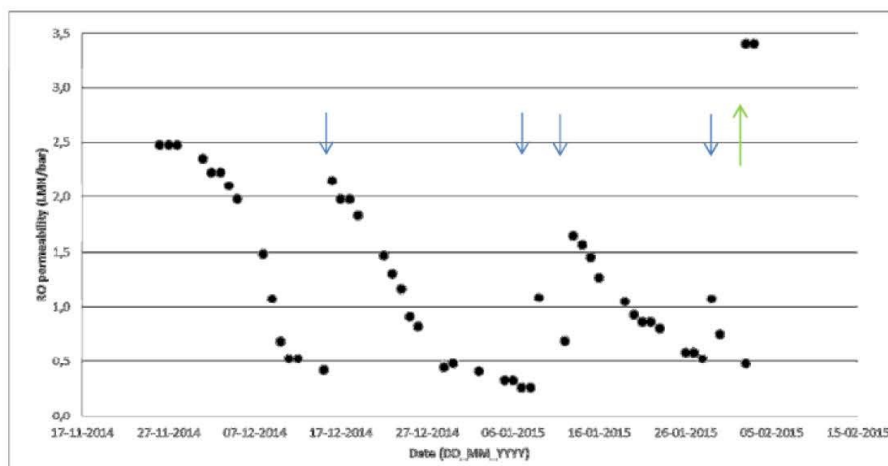
FIGUR 7.5 PERFORMANCE-TEST AF RO-ANLÆGGET. I GRAFEN ER FLUX, TRYK OG EFFEKTIVITETEN VIST. DE BLÅ PILE MARKERER UDFØRTE CIP OG DEN GRØNNE PIL MARKERER UDSKIFTNING AF MEMBRAN.

Variationerne i RO-permeat fluxen afhænger meget af kvaliteten af MBR permeatet. Episoder med højt ammoniumindhold (>5 mg/L) i MBR permeatet forekom flere gange under testperioden, hvilket resulterede i udfældninger på membranen. Et højt ammoniumindhold kan være en indikator på en stresset biokultur i MBR'en. På Figur 7.6 er vist et eksempel på et tilfælde, hvor MBR permeatets kvalitet har påvirket effekten af RO-anlægget. I forbindelse med sådanne episoder kunne i MBR permeatet observeres et øget ammoniumindhold og øget konduktivitet (>3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Episoderne havde en alvorlig indflydelse på RO-membranens effektivitet, hvilket betød, at membranleverandøren var nødsaget til at udføre en CIP på membranen.



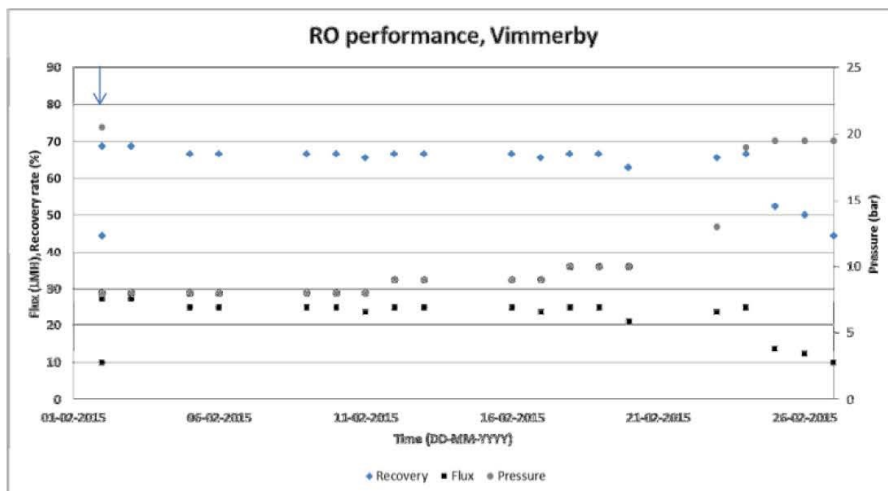
FIGUR 7.6 TILFÆLDE MED ØGEDE NIVEAUER AF AMMONIUM I MBR PERMEATET, OG EFFEKTEN PÅ RO-ANLÆGGET. TILSVARENDE SKETE DEN 27. FEBRUAR OG DEN 19 MARTS 2015.

Efter CIP af RO-membranen var effekten stort set den samme som før episoden med den stressede biokultur, dog kom udfældningerne hurtigt igen. Herefter blev der lavet 2 nye CIP (kold og varm), hvilket medførte fornuftige flux, men ved et højt tryk, hvilket betød, at CIP'ene ikke havde formået at fjerne al fouling og udfældninger. Derfor blev der udført endnu en CIP, dog uden nogen nævneværdig effekt. Effekten af disse CIP kan ses på Figur 7.7. Her er effekten vist som et fald i permeabiliteten, der faldt fra 2,2 til 1,1 LMH/bar, hvilket betød, at de udførte CIP ikke havde formået at rense RO-membranen tilstrækkeligt. På Figur 7.7 illustrerer de blå pile udførte CIP og den grønne pil i starten af februar en udskiftning af membranen.



FIGUR 7.7 PERMEABILITETEN (FLUX/TRYK) AF RO MEMBRANEN. BLÅ PILE MARKERER UDFØRTE CIP OG DEN GRØNNE PIL VISER UDSKIFTNING AF MEMBRAN.

Det blev derfor besluttet at tage en helt ny membran i brug. Med denne membran formåede anlægget at køre stabilt i over en måned. Dette ses på Figur 7.8.



FIGUR 7.8 STABIL DRIFT AF TESTANLÆG EFTER SKIFT TIL NY RO-MEMBRAN.

Efter en periode, hvor RO-anlægget kørte stabilt og med god ydeevne, kom der endnu en episode med højt ammoniumindhold i MBR permeatet. RO-membranens ydeevne faldt og selv med to CIP inden for kort tid var det ikke muligt at gendanne RO-membranens tidligere gode ydeevne. Det lader derfor til, at perioder med højt ammoniumindhold i MBR permeatet i dette tilfælde havde en irreversibel effekt på membranen, da udfældningerne på membranen ikke kunne fjernes med CIP.

7.2.4 Permeatkvalitet

I forbindelse med testen af RO-anlægget blev der udtaget prøver til videre undersøgelse. Et lokalt laboratorium i Vimmerby (akkrediteret af SWEDAC) udførte undersøgelserne på RO-permeatet, og resultaterne heraf kan ses i Tabel 7.1. Resultaterne i denne tabel er et gennemsnit over 3 måneder baseret på prøver udtaget en gang om ugen. Resultaterne er sammenholdt med de svenske drikkevandskrav.

TABEL 7.1 KVALITET AF PERMEAT FRA MBR OG RO SAMMENHOLDT MED SVENSK DRIKKEVANDSKRAV - GENNEMSIT OVER 3 MÅNEDER VED EN PRØVE PR UGE.

	Enhed	MBR Permeat	RO Permeat	Drikkevandskrav
COD	[mg/L]	<30	<30	-
Total-N	[mg/L]	5,81	0,87	-
NH ₄	[mg/L]	2,72	0,49	0,5
NO ₃	[mg/L]	2,37	0,28	20
Total-P	[mg/L]	0,21	0,01	-
Ca	[mg/L]	27,24	<2	-
Cl	[mg/L]	71,76	<10	100
Hårdhed	[mg/L]	4,88	<0,28	-
Alkalinitet	[mg/L]	1682	25,26	-
F	[mg/L]	0,97	<0,1	1,5
Fe	[mg/L]	0,05	0,05	0,1
Konduktivitet	[mS/m]	303	7,31	-
Mg	[mg/L]	0,03	0,02	0,05

Både Total-N og ammonium-N i MBR permeatet er højere end forventet pga. situationerne, hvor der blev observeret et forhøjet indhold af ammonium. I modsætning til ammonium er de andre parametre i MBR permeatet alle under drikkevandskravene. Der er ikke udført bakteriologiske test på RO permeatet pga. begrænsninger hos det anvendte laboratorium.

I Tabel 7.2 er listet alle målte vandkvalitetsparametre i RO permeat i forhold til svenske drikkevandskrav.

TABEL 7.2 ALLE RELAVANTE RO PERMEAT DATA SAMMENHOLDT MED SVENSK DRIKKEVANDSKRAV.

RO permeat vandkvalitet						
	NH ₄ [mg/L]	NO ₃ [mg/L]	Cl [mg/L]	F [mg/L]	Fe [mg/L]	Mg [mg/L]
01-12-2014	0,61	0,22	<10	<0,1	<0,05	0,02
03-12-2014	0,67	0,13	<10	<0,1	<0,05	0,02
08-12-2014	2	0,15	<10	<0,1	<0,05	-
10-12-2014	3	0,096	2,2	<0,10	-	-
15-12-2014	0,025	-	<10	<0,1	-	-
17-12-2014	0,12	0,25	<10	<0,1	-	-
22-12-2014	-	-	<10	-	-	-
29-12-2014	-	-	<10	-	-	-
21-01-2015	0,02	0,38	<10	<0,1	-	-
26-01-2015	0,02	<0,010	<10	<0,1	-	-
28-01-2015	0,02	<0,010	<10	<0,1	-	-
02-02-2015	0,02	<0,010	<10	<0,1	-	-
04-02-2015	0,09	0,61	<10	<0,1	-	-
09-02-2015	0,02	-	<10	<0,1	-	-
11-02-2015	0,51	0,61	<10	<0,1	-	-
16-02-2015	0,19	0,31	<10	<0,1	-	-
23-02-2015	0,02	0,023	<10	<0,1	-	-
Gennemsnit	0,49	0,28	<10	<0,1	<0,05	0,02
Drikkevandskrav	0,5	20	100	1,5	0,1	0,05







7.2.5 Vurdering

RO-anlægget ved Arlas Vimmerby mejeri blev testet over en tre-måneders periode. Resultaterne fra denne test viser, at det er muligt at opnå en stabil produktion af RO permeat med en effektivitet (recovery) på 60-70 %, forudsat, at kvaliteten af MBR permeatet var OK. Der blev observeret irreversibel udfældning på RO membraner i forbindelse med forstyrrelse af den biologiske proces – her karakteriseret i form af svigtende nitrifikation og forhøjet ledningsevne i spildevandet. Kvalitetsmæssigt overholdt RO permeatet de svenske drikkevandskrav på alle de målte parametre.

Der blev ikke udført driftsoptimering af RO-anlægget, og det vurderes, at det bør være muligt at forbedre resultaterne, ved indbygning af automatisk CIP.

Der er ikke gennemført økonomiberegninger for denne tekniske løsning, da det aktuelle forsøgsarbejde primært har haft karakter af gennemførlighedstest og derfor ikke giver tilstrækkelig baggrund for beregninger af løsningens økonomiske potentiale. Potentialet for genanvendelse af RO behandlet MBR permeat på Vimmerby mejeri er 150-180 m³/dag.

7.3 Brug af RO-vand til kølekondensator, Arla Rødkærsbro

Kategori: Reclaim		Projekt-type: Demonstration	
Mejeri: Arla Rødkærsbro		Leverandør: Grundfos	
Partnere: Grundfos, Au2Mate, Nalco			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

7.3.1 Baggrund og motivation

Arla Rødkærsbro er et rent ostemejeri. 84% af råvaren (mælk) består af vand, hvoraf kun en lille del kommer ud sammen med produktet. Det overskydende vand (i form af ostevalle) køres normalt gennem et RO-anlæg, hvor proteiner opkoncentreres i retentatet, der sendes til videre behandling. Restproduktet (permeat), som er vand med et meget lille indhold af organisk materiale, sendes til Arlas eget renseanlæg og udledes derefter. På grund af en stigende produktion nærmer man sig dog udledningsgrænsen, og Arla ønsker derfor at udvide kapaciteten til spildevandsrensning med et anlæg. Hvor produktet kan genanvendes til erstatning for råvand i produktionen, fx til køleformål, udvendig vask af biler, m.m.

7.3.2 Gennemførte aktiviteter

Der er installeret et Grundfos BioBooster-anlæg til biologisk rensning og membranfiltrering af processpildevandet. Anlægget har en kapacitet på ca. 270.000 m³ pr år. Som første trin i genanvendelse af det rensede vand er der gennemført forsøg med at bruge det rensede vand fra BioBooster-anlægget til køling af fordampningskondensator. På grund af indholdet af organiske stoffer er det nødvendigt at behandle vandet med biovækstbegrænsende kemikalie. I dette tilfælde doseres klordioxid til dette formål.

7.3.3 Resultater

Der anvendes p.t. cirka 1.000 m³/uge BioBooster-vand i køletårnet. Der tilsættes desuden cirka 100 m³/uge råvand for at få klordioxid doseret korrekt. Den nuværende dosering af klordioxid forventes at kunne optimeres/reduceres, efterhånden som der indhentes længere tids erfaringer drift af anlægget.







7.3.4 Vurdering

Forsøgsarbejdet har vist, at det rensede vand kan genanvendes til det aktuelle køleformål. Der produceres cirka 270.000 m³ BioBooster-vand om året, så ud over de 50.000 m³ til kølevand er der potentiale for at erstatte en betydeligt større andel af virksomhedens forbrug af råvand, i det omfang de rette anvendelser og tilpaset teknologi til polering af vandet for overholdelse af relevante vandkvalitetskrav kan findes. Tallene for besparelsen i tabellen – som anført herunder - vil dermed blive betydeligt større i fremtiden.

Det giver således ikke mening at beregne og vurdere tilbagebetalingstid ud fra den p.t. opnåede besparelse og investering, dels fordi besparelsen i fremtiden vil blive større og dels fordi, investeringen primært er begrundet i, at det var nødvendigt at udvide kapaciteten til rensning af processpildevandet for at være i stand til at gennemføre planlagte udvidelser af produktionen.

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	Forbrug: 55.000 m ³ råvand/år til køletårn Udledning: 50.000 m ³ ostevand og 5.000 m ³ dræn fra køletårn/år	Forbrug: 5.000 m ³ råvand/år + 50.000 m ³ BioBoostervand til køletårn Udledning: 10.000 m ³ dræn fra køletårn/år	50.000 m ³ råvand/år, svarende til ca. 9% af årsforbrug (522.000 m ³ i 2014)
Omkostning til vandforbrug	330.000,-kr	30.000,-kr	300.000,-kr ved en vandpris på 6 kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			Ikke estimeret
Investering		1,9 millioner kr (forudsætter at der forud er investeret i et BioBoosteranlæg)	

7.4 RO-vand til kølekondensator, Arla Taulov

Kategori: Reclaim		Projekt-type: Udvikling	
Mejeri: Arla Taulov		Leverandør: Ecolab	
Partnere: Ecolab			
Vandbesparelses-potentiale		Investerings-omkostninger	
Kompleksitet		Tilbagebetalingstid	
Klar til markedet		Udbredelses-potentiale	

7.4.1 Baggrund og motivation

Den indvejede mælkemængde på Taulov mejeri udgør ca. 550 mio kg mælk pr år eller ca 1,5 mio kg mælk pr dag. Der produceres ca. 55.000 tons ost pr år. Taulov bruger ca 750.000 m³ vand årligt.

RO-vand fra mejeriets produktion af ost er traditionelt blevet udledt som spildevand. Samtidigt har der været et stort forbrug af råvand til køletårne i forbindelse med mejeriets produktion af isvand. Projektet omhandler forsøg med anvendelse af mejeriets RO-vand som make-up vand til mejeriets køletårne. Hermed sigtes mod at spare både råvand og afledningsafgift.

7.4.2 Gennemførte aktiviteter

De nødvendige rørføringer, pumper, ventiler m.m. blev installeret, og der blev kørt forsøg med anvendelse af RO-vand i køletårnene.

7.4.3 Resultater

Konklusionen er, at RO-vandet indeholder for meget organisk materiale, som tilsmudser køletårnene. Der vil i 2017 blive installeret en polisher, der fjerner/reducerer indholdet af organisk materiale og dermed reducerer vandets biovækstpotentiale. Efterfølgende forventes det, at køletårnene kan køre på RO-vand.

7.4.4 Vurdering

Den forventede vandbesparelse i m³/år kan estimeres ret eksakt, da den svarer til den i dag forbrugte mængde råvand til køletårnsdriften, svarende til 36.000 m³. Den økonomiske besparelse er lidt vanskeligere at definere præcist, da der skal tages højde for investering i en polisher og de driftsomkostninger, der hører hertil.

Tilbagebetalingstiden forventes dog ikke at overstige 1 år

Tema	Før	Efter	Besparelse
Vandforbrug	36.000 m ³ /år råvand	36.000 m ³ /år RO-vand	36.000 m ³ /år råvand, svarende til 4,7% af totalforbrug (760.000 m ³ i 2015)
Økonomisk besparelse af vandforbrug			720.000,-kr ved en vandpris på 20kr/m ³
Økonomisk besparelse af arbejdstimer			
Investering		Investering afholdt i 2013 som en del af en samlet investering i andet udstyr	

Vandeffektive mejerier - et partnerskab på vejen mod det vandløse mejeri

Projektets formål har været at nedbringe vandforbruget i mejeribranchen i DK under hensyntagen til mejeriernes økonomi, fødevarer sikkerhed, arbejds- og miljøforhold. Der er tilstræbt holistiske løsninger, hvor også energi og ressourceforhold indgår – ligesom løsninger med styrket organisering og ledelse. Et delmål har været at styrke dansk eksport af systemløsninger og dertil knyttet mejeri- og vandteknologi.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk